

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **240982**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **427285**

(22) Data zgłoszenia: **30.09.2018**

(51) Int.Cl.

E21F 17/18 (2006.01)

E21D 21/02 (2006.01)

G01N 29/12 (2006.01)

G01N 29/44 (2006.01)

G01L 1/10 (2006.01)

(54) **Sposób i urządzenie do oceny stanu osadzenia kotwi, zwłaszcza kotwi spoiwowych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

06.04.2020 BUP 08/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

11.07.2022 WUP 28/22

(73) Uprawniony z patentu:

**KGHM POLSKA MIEDŹ SPÓŁKA AKCYJNA,
Lubin, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MACIEJ MADZIARZ, Krępice, PL
SEWERYN MIGA, Czeladź, PL
PIOTR KWAPULIŃSKI, Katowice, PL
JAN BUTRA, Wrocław, PL
RAFAŁ DĘBKOWSKI, Wrocław, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Joanna Czerwik

PL 240982 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do oceny stanu osadzenia kotwi, zwłaszcza kotwi spoiwowych stosowanych w górnictwie. Sterowanie pracą urządzenia odbywa się za pomocą programowalnego sterownika oraz elementów do komunikacji przewodowej, przy użyciu specjalnego oprogramowania.

Znane są rozwiązania dotyczące sposobów i urządzeń poświęcone problematyce kontroli stanu osadzenia kotwi. Jeden z powszechnie znanych sposobów oceny stanu osadzenia kotwi polega na pomiarze dyssypacji energii fal ultradźwiękowych z kotwi do skał oraz na pomiarze odbicia tych fal na granicy ośrodków kotew-skała za pomocą urządzenia zwanego boltometrem. Ultradźwiękowe fale sprężyste podłużne i poprzeczne są wzbudzone w kotwi za pomocą przetwornika piezoelektrycznego. Energia tych fal ulega zmniejszeniu w procesie ich dyssypacji. W wyniku odbicia fal od wewnętrznego końca kotwi powstają fale o kierunku rozchodzenia się przeciwnym do kierunku rozchodzenia się fal pierwotnych, czyli echo. Echo jest odbierane przez sensor ultradźwięków, a następnie analizowane jest natężenie i dodatkowe składowe echa. Jeśli impedancja falowa między kotwą i otaczającą ją skałą jest niska, nie jest możliwe wykrycie wad kotwi. W tej sytuacji ocena stanu osadzenia kotwi może być ograniczona jedynie do pierwszego metra mierzonego od swobodnego końca kotwi. Wyniki pomiaru są wizualizowane na wyświetlaczu tego urządzenia lub są drukowane na papierowej taśmie.

Innym znanym rozwiązaniem jest sposób oceny stanu osadzenia kotwi, który polega na analizie rezonansu mechanicznego kotwi i może być stosowany jedynie w przypadku słabego tłumienia drgań wzbudzonych w kotwi. Sprężysta kotew poddana jest zewnętrznemu wymuszeniu, w wyniku którego drga, a zmiana częstotliwości wymuszającego pola naprężeń pozwala na określenie częstotliwości rezonansowych badanej kotwi. Analiza zależności amplitudowo-częstotliwościowych daje ponadto możliwość wyznaczania współczynnika tłumienia drgań. Zarówno częstotliwości rezonansowe, jak i współczynniki tłumienia drgań są uwarunkowane geometrią oraz mechanicznymi właściwościami układu kotew-klej-górotwór. Ten znany sposób nie znajduje zastosowania w górotworze, w którym fale mechaniczne są silnie przez niego pochłaniane.

Znany jest ponadto sposób oceny stanu osadzenia kotwi, którego system bazuje na porównywaniu drgań kotwi wymuszonych mechanicznie za pomocą uderzenia wywołwanego przez głowicę pneumatyczną o sile uderzenia 20 000 N, z drganiami kotwi zarejestrowanymi natychmiast po zabudowaniu danej kotwi. Głowica ta jest nakręcana na gwintowany wystający koniec kotwi. W głowicy pneumatycznej znajduje się układ rejestrujący drgania kotwi. Uzyskane w ten sposób dane są przekazywane do komputera. Wymuszone drgania układu kotew-klej-górotwór są mierzone przez akcelerometr umieszczony w głowicy. Sygnał rejestrowany przez akcelerometr jest zapisywany przez komputer i przetwarzany za pomocą oprogramowania do diagnozowania stanu kotwi. W tym znanym sposobie podstawą analizy jest porównanie aktualnych drgań kotwi z jej drganiami bezpośrednio po jej montażu. Wyniki pomiaru odniesienia dla danej kotwi są przechowywane w bazie danych jako wzorzec dla idealnie osadzonej kotwi. Każdy następny wynik jej pomiaru jest porównywany z danymi zapianymi dla tej kotwi bezpośrednio po jej montażu. Jeśli pogorszy się stan zakotwienia lub zmieni się naprężenie kotwi lub kotew ulegnie odkształceniu, lub zmieni się jej długość na skutek jej pęknięcia, wynik pomiaru będzie się istotnie różnił od wyniku pomiaru zapisanego dla tej samej kotwi bezpośrednio po montażu.

Ponadto znany jest sposób oceny stanu osadzenia kotwi, który polega na mechanicznym wymuszeniu drgań kotwi poprzez uderzenie młotkiem w jej podkładkę. W wyniku uderzenia młotkiem powstaje fala sprężysta rozchodząca się w układzie: kotew-górotwór. Do swobodnego końca kotwi przykładany jest sensor drgań, który rejestruje wymuszone drgania kotwi następnie sygnał zostaje przetworzony przez przetwornik analogowo-cyfrowy podłączony do komputera przenośnego, w którym zapisywane są dane pomiarowe. Opiswany sposób, w przeciwieństwie do przedstawionego powyżej, nie wymaga stosowania sprężonego powietrza do wymuszania drgań.

Znany jest system diagnozujący stan osadzenia kotwi zgłoszony do ochrony pod numerem US2017/0138908, zawierający zacisk zaopatrzony w czujniki wykrywające drgania badanej kotwi wywołane wskutek uderzenia młotkiem. System ten do zdiagnozowania stanu osadzenia kotwi analizuje energię z jaką nastąpiło uderzenie młotkiem w badaną kotew oraz energię drgań badanej kotwi, które powstały wskutek uderzenia młotkiem, przy czym oceny stanu osadzenia kotwi tym sposobem dokonuje się w oparciu o to czy stosunek energii drgań badanej kotwi do energii uderzenia jest wyższy niż wartość referencyjna. Korzystnie według sposobu zgłoszonego do ochrony pod numerem US2017/0138908, jest gdy oceny stanu osadzenia kotwi dokonuje się uwzględniając tłumienie drgań. Rozwiązanie według zgłoszenia o numerze US2017/013 8908 wymaga do oceny stany osadzenia kotwi

dodatkowego parametru, jakim jest energia uderzenia młotkiem, a z tym montażu czujnika na młotku, co wpływa na zmniejszoną ergonomię pomiarów.

Ze zgłoszenia europejskiego EP 3173780 A1, opublikowanego również jako US2017/0160238 A1 znany jest sposób i urządzenie do nieniszczącej oceny stanu osadzenia kotwi metalowych w fundamentach betonowych. W sposobie według tego zgłoszenia powstaje dźwięk poprzez uderzenie części kotwi odsłoniętej na powierzchni fundamentu, dźwięk jest rejestrowany i poddawany analizie częstotliwościowej, w wyniku tego uzyskuje się informację o jego częstotliwości, analizuje się ją i na podstawie informacji o częstotliwości ocenia się kondycję kotwi. Korzystnie jest, gdy dźwięk jest wzmacniany oraz poddawany szybkiej transformacji Fouriera oraz gdy wyniki pomiarów tym sposobem porównywane są z zawartym w bazie danych wynikiem o wzorcowym stanie kotwi, która uprzednio została przebadana. Korzystnie, gdy dokonując oceny tym sposobem, baza danych zawiera relacje między częstotliwościami drgania kotwi a wyężeniem kotwi. Urządzenie opisane w zgłoszeniu EP 3173780 A1 zawiera element służący do wygenerowania dźwięku, czujnik odbierający wygenerowany dźwięk, urządzenie przetwarzające sygnał i wykonujące analizę częstotliwościową uzyskanego sygnału w celu uzyskania informacji o częstotliwości wspomnianego dźwięku, i urządzenie sprawdzające właściwe osadzenie kotwi w sposób nieniszczący, w oparciu o uzyskaną informację o częstotliwości wspomnianego dźwięku.

Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego o numerze US 2017/0227501 A1 znany jest sposób i urządzenie do nieniszczącego badania stanu kotwi spoiwowych. Nieniszczący sposób oceny stanu osadzenia kotwi spoiwowych bada się poprzez uderzenie odsłoniętej części kotwi, przy czym wskutek takiego uderzenia powstaje fala akustyczna, a sygnał zawierający dane o fali akustycznej jest odbierany i poddawany analizie częstotliwościowej w celu uzyskania informacji o częstotliwości tego sygnału, i na podstawie informacji o częstotliwości tego sygnału ocenia się stan badanej kotwi, a z tym stan jej osadzenia. Korzystnie według tego wynalazku jest, gdy sygnał akustyczny jest wzmacniany przed podaniem go analizie częstotliwości. Korzystnie jest, gdy dźwięk jest wzmacniany oraz poddawany szybkiej transformacji Fouriera. Korzystnie jest, gdy wyniki pomiarów, uzyskane tym, sposobem porównywane są z wynikami z bazy danych o stanie kotwi, które uprzednio zostały przebadane i został ustalony stan ich osadzenia. Korzystnie, gdy dokonując oceny tym sposobem, baza danych zawiera relacje między częstotliwościami drgań kotwi a wyężeniem kotwi. Urządzenie do nieniszczącej oceny stanu osadzenia kotwi spoiwowych według zgłoszenia o numerze US 2017/0227501 A1, zawiera element służący generowaniu sygnału dźwiękowego poprzez uderzenie odsłoniętej części kotwi, czujnik rejestrujący wygenerowany sygnał dźwiękowy, urządzenie przetwarzające sygnał dźwiękowy na sygnał cyfrowy i wykonujące analizę częstotliwościową w celu uzyskania informacji o częstotliwości fali akustycznej oraz ilościowego określenia stanu osadzenia kotwi. Ocenę stanu osadzenia kotwi według tego wynalazku dokonuje się w oparciu o uzyskaną informację o częstotliwości wspomnianej fali akustycznej. Korzystnie jest, gdy urządzenie ma bazę danych, w której zapisane są relacje między informacją o częstotliwości fali, a informacją o naprężeniu rozciągającym.

Z japońskiego opisu patentowego JP 3560830B znany jest sposób do oceny stanu osadzenia kotwi, polegający na tym, że za pomocą czujnika umieszczonego na młotku dokonuje się pomiaru energii drgań powstałych w badanej kotwi wskutek uderzenia młotkiem, następnie określa się stosunek arytmetyczny energii, z jaką uderzono w badaną kotew i energii drgań kotwi. Wygenerowany dźwięk kotwi jest wykrywany przez mikrofon, który następnie analizowany jest w każdym paśmie częstotliwości przez analogowy układ BPF, oraz wyznaczane są maksymalne amplitudy drgań we wcześniej zdefiniowanych przedziałach częstotliwości, a następnie porównywane z wartościami referencyjnymi, a gdy wynik porównania różni się od konkretnej wartości, alarm sygnalizuje nieprawidłowość.

Powyższe rozwiązania wymagają do oceny stanu osadzenia kotwi wielu dodatkowych parametrów, a z tym wielu dodatkowych elementów w konstrukcji urządzeń lub wielu dodatkowych czynności prowadzących do oceny stanu kotwi, przy czym ocena ta z uwagi na wielość wymienionych czynników może być nieprecyzyjna jak i utrudniona w warunkach, jakie panują w podziemnych wyrobiskach górniczych. Ponadto stosowanie dotychczasowych sposobów oceny stanu osadzenia kotwi zabezpieczających podziemne wyrobiska górnicze, szczególnie o długim czasie użytkowania są niepraktyczne i obciążone licznymi niedoskonałościami prowadzącymi do błędnych pomiarów. Natomiast precyzyjna informacja o stanie osadzenia kotwi stanowi o stateczności stropu wyrobisk górniczych, a właściwy sposób oceny bezpośrednio przekłada się na wzrost bezpieczeństwa pracy.

Sposób oceny stanu osadzenia kotwi, zwłaszcza kotwi spoiwowych, według wynalazku, polegający na wzbudzeniu drgań akustycznych kotwi osadzonej w górotworze, następnie zamianie powstałego

w ten sposób sygnału akustycznego na sygnał elektryczny, wzmocnieniu sygnału elektrycznego, przetworzeniu sygnału elektrycznego za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego na sygnał cyfrowy, a następnie poddaniu analizie przy użyciu transformacji Fouriera i krótkoczasowej transformacji Fouriera, porównaniu otrzymanych wyników z wynikami otrzymanymi dla właściwie osadzonych kotwi, i uzyskaniu informacji o stanie osadzenia badanej kotwi charakteryzuje się tym, że z wykorzystaniem urządzenia do oceny stanu osadzenia kotwi, realizuje się następujące czynności:

- a) na badanej kotwi mocuje się głowicę pomiarową,
- b) za pomocą krótkiego impulsu mechanicznego, na skutek uderzenia kotwi młotkiem ręcznym, wzbudza się drgania kotwi detektowane akustycznie w głowicy pomiarowej przez przetwornik mechano-elektryczny,
- c) generuje się sygnał elektryczny wzmocniany przez programowalny wzmacniacz, a wzmocniony sygnał doprowadza się przewodem ekranowym do modułu analityczno-pomiarowego,
- d) sygnał przetwarza się za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego z postaci analogowej na cyfrową,
- e) wykonuje się określoną ilość pomiarów sygnału dźwiękowego z określoną częstotliwością próbkowania, przy czym w module pamięci nieulotnej parametrów konfiguracji uprzednio zapisuje się zadane kluczowe wartości parametrów konfiguracji dla poprawnej pracy urządzenia oraz dane o stanie osadzenia kotwi właściwie i niewłaściwie osadzonych,
- f) wyznacza się częstotliwości drgań kotwi oraz ich amplitudy, z tym że wybiera się i zlicza drgania o amplitudach większych od wartości progowej amplitudy stanowiącej 50% maksymalnej amplitudy, wyznacza się logarytmiczne dekrementy tłumienia każdego z drgań akustycznych badanej kotwi i porównuje się z wartościami progowymi logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych określonych dla właściwie i niewłaściwie osadzonych kotwi tego samego rodzaju i osadzonych w zbliżonych warunkach geologicznych co kotew badana, przy czym:
 - gdy wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi są większe od górnej wartości progowej logarytmicznego dekrementu tłumienia drgań akustycznych określonej dla kotwi właściwie osadzonych, to emituje się sygnał świetlny I stopnia, który oznacza, że stan osadzenia kotwi jest właściwy,
 - a gdy wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi są mniejsze od dolnej wartości progowej logarytmicznego tłumienia drgań akustycznych określonej dla kotwi niewłaściwie osadzonych, to emituje się sygnał świetlny II stopnia, który oznacza, że stan osadzenia kotwi jest niewłaściwy,
 - a gdy wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia akustycznych badanej kotwi są zawarte między dolną wartością progową logarytmicznego dekrementu tłumienia drgań akustycznych określona dla kotwi niewłaściwie osadzonych, a górną wartością progową logarytmicznego dekrementu tłumienia drgań akustycznych określoną dla kotwi właściwie osadzonych, to emituje się sygnał świetlny III stopnia, który oznacza, że stan osadzenia kotwi jest niezdefiniowany,
 - natomiast gdy ilość drgań akustycznych badanej kotwi o amplitudach większych od wartości progowej amplitudy badanej kotwi jest większa od wartości parametru progowej ilości drgań akustycznych nie mniejszej niż 2, to bez względu na wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi emituje się sygnał świetlny II stopnia, który oznacza, że stan osadzenia badanej kotwi jest niewłaściwy.

Korzystnie w sposobie według wynalazku jest, gdy sygnały świetlne I, II i III stopnia emituje się przez wyświetlacz.

Korzystnie w sposobie według wynalazku jest, gdy sygnały świetlne I, II i III stopnia emituje się w formie tekstu.

Korzystnie w sposobie według wynalazku jest, gdy sygnały świetlne I, II i III emituje się w formie symboli graficznych.

Korzystnie w sposobie według wynalazku jest, gdy sygnały świetlne I, II i III emituje się w kolorze.

Korzystnie w sposobie według wynalazku jest, gdy w przypadku gdy wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi są mniejsze od dolnej wartości progowej logarytmicznego tłumienia drgań akustycznych określonej dla kotwi niewłaściwie osadzonych, to emituje się sygnał dźwiękowy S, który oznacza, że stan osadzenia kotwi jest niewłaściwy.

Korzystnie według wynalazku jest gdy, w przypadku gdy ilość drgań akustycznych badanej kotwi o amplitudach większych od wartości progowej amplitudy badanej kotwi jest większa od wartości parametru progowej ilości drgań akustycznych nie mniejszej niż 2, to bez względu na wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi emituje się sygnał dźwiękowy S, który oznacza, że stan badanej kotwi jest niewłaściwy.

Urządzenie do oceny stanu osadzenia kotwi, zwłaszcza kotwi spoiwowych według wynalazku zawierające przetwornik mechano-elektryczny, wzmacniacz, przetwornik analogowo-cyfrowy, procesor do przetwarzania danych, zasilanie charakteryzuje się tym, że ma głowicę pomiarową, zawierającą przetwornik mechano-elektryczny, oraz wzmacniacz, połączoną przewodem ekranowanym z modulem analityczno-pomiarowym, zawierającym przetwornik analogowo-cyfrowy oraz programowalny sterownik, przy czym zawierający się w module analityczno-pomiarowym przetwornik analogowo-cyfrowy połączony jest dwukierunkowo z programowalnym sterownikiem, który to jest połączony z modulem pamięci nieulotnej programu, modulem pamięci danych, modulem pamięci nieulotnej parametrów konfiguracji, wyświetlaczem i klawiaturą sterującą zawierającymi się w module analityczno-pomiarowym w obudowie, ponadto programowalny sterownik połączony jest ze wzmacniaczem, przy czym elementy zawierające się w głowicy pomiarowej i elementy zawierające się w module pomiarowym zasilane są z tego samego, wewnętrznego modułu zasilania.

Korzystnie jest, gdy urządzenie według wynalazku ma wzmacniacz połączony przewodem ekranowanym, przez multiplekser, układ kompensacji stałego napięcia, układ próbkująco-pamiętający i programowalny wzmacniacz, z przetwornikiem analogowo-cyfrowym.

Korzystnie jest, gdy urządzenie według wynalazku zawiera czujnik temperatury, który jest połączony z multiplekserem.

Korzystnie jest, gdy urządzenie według wynalazku zawiera moduł zdalnej komunikacji zewnętrznej, który jest połączony dwukierunkowo z programowalnym sterownikiem.

Korzystnie jest, gdy urządzenie według wynalazku zawiera moduł archiwizacji danych, który jest połączony dwukierunkowo z programowalnym sterownikiem.

Korzystnie jest, gdy urządzenie według wynalazku ma zewnętrzny moduł zasilający, który jest połączony z wewnętrznym modulem zasilającym.

Korzystnie jest, gdy urządzenie według wynalazku zawiera moduł zegara czasu rzeczywistego, który jest połączony dwukierunkowo z programowalnym sterownikiem.

Korzystnie jest, gdy urządzenie według wynalazku zawiera moduł dźwiękowy, który jest połączony z programowalnym sterownikiem.

Korzystnie w urządzeniu według wynalazku jest, gdy na wyświetlaczu prezentowany jest wynik o stanie badanej kotwi w trzech trybach: właściwie osadzona kotwa, niewłaściwie osadzona kotwa, stan kotwi niezdefiniowany.

Korzystnie w urządzeniu według wynalazku jest, gdy urządzenie według wynalazku ma uchwyt magnetyczny wbudowany w głowicę pomiarową.

Korzystnie w urządzeniu według wynalazku jest, gdy głowica pomiarowa wbudowana jest w zacisk.

Korzystnie w urządzeniu według wynalazku jest, gdy przetwornik mechano-elektryczny jest mikrofonem elektretowym.

Korzystnie w urządzeniu według wynalazku jest, gdy przetwornik mechano-elektryczny jest mikrofonem piezoelektrycznym.

Korzystnie w urządzeniu według wynalazku jest, gdy przetwornik analogowo-cyfrowy jest co najmniej ośmiobitowy.

Korzystnie w urządzeniu według wynalazku jest, gdy moduł zasilania zawiera układ ładowania akumulatora, połączony z akumulatorem elektrycznym, który jest połączony z przetwornicą napięcia.

Korzystnie w urządzeniu według wynalazku jest, gdy obudowa modułu analityczno-pomiarowego jest hermetyczna.

Korzystnie jest, gdy urządzenie według wynalazku jest przenośne.

Przedmiot według wynalazku został uwidoczniony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy urządzenia w pierwszym przykładzie wykonania, fig. 2 przedstawia schemat blokowy urządzenia w drugim przykładzie wykonania, fig. 3 przedstawia urządzenie w widoku perspektywicznym, fig. 4 przedstawia zacisk z wbudowaną głowicą pomiarową, fig. 5 przedstawia czasową zależność drgań właściwie osadzonej kotwi, fig. 6 przedstawia widmo drgań właściwie osadzonej kotwi, fig. 7 przedstawia czasową zależność drgań niewłaściwie osadzonej kotwi oraz fig. 8 przedstawia widmo drgań niewłaściwie osadzonej kotwi.

Jak pokazano na rysunku na fig. 1, urządzenie według wynalazku w pierwszym przykładzie wykonania zawiera głowicę pomiarową 1, wbudowaną w zacisk 24, który został uwidoczniony na fig. 4, zawierającą mikrofon elektretowy 2 oraz wzmacniacz 3, połączoną przewodem ekranowym 4 z dwunastobitowym przetwornikiem analogowo-cyfrowym 6 znajdującym się w module analityczno-pomiarowym 5, w którym ponadto znajduje się mikrokontroler 8 do przetwarzania danych, przy czym przetwornik analogowo-cyfrowy 6 połączony jest dwukierunkowo z mikrokontrolerem 8, który to jest połączony z modulem 9 pamięci nieulotnej flash programu, modulem 10 pamięci SRAM danych, modulem 11 pamięci nieulotnej EEPROM parametrów konfiguracji, wyświetlaczem LCD 13 i membranową klawiaturą sterującą 12 zawierającymi się w module analityczno-pomiarowym 5 w hermetycznej obudowie 14 wykonanej ze stali, oraz ponadto mikrokontroler 8 połączony jest ze wzmacniaczem 3, przy czym elementy zawierające się w głowicy pomiarowej 1 i elementy zawierające się w module analityczno-pomiarowym 5 zasilane są z tego samego, wewnętrznego modułu zasilania 7. Urządzenie według wynalazku w tym przykładzie wykonania jest przenośne, a wynik o stanie badanej kotwi wyświetla się w trzech trybach: właściwie osadzona kotew, niewłaściwie osadzona kotew, stan kotwy niezdefiniowany.

Jak pokazano na fig. 2, urządzenie według wynalazku w drugim przykładzie wykonania zawiera głowicę pomiarową 1, w której znajduje się uchwyt magnetyczny 20, wykonany z magnesu neodymowego, mikrofon piezoelektryczny 2 oraz wzmacniacz 3 połączoną przewodem ekranowym 4, przez multiplekser 16, układ kompensacji stałego napięcia 17, układ próbkująco-pamiętający 18, programowalny wzmacniacz 19, z dwunastobitowym przetwornikiem analogowo-cyfrowym 6 znajdującym się w module analityczno-pomiarowym 5, w którym znajduje się mikrokontroler 8 do przetwarzania danych, oraz czujnik temperatury 15 połączony z multiplekserem 16, przy czym przetwornik analogowo-cyfrowy 6 połączony jest dwukierunkowo z mikrokontrolerem 8, który to jest połączony z modulem 9 pamięci nieulotnej flash programu, modulem 10 pamięci SRAM danych, modulem 11 pamięci nieulotnej EEPROM parametrów konfiguracji, wyświetlaczem LCD 13, na którym prezentowany jest wynik w trzech trybach: właściwie osadzona kotew, niewłaściwie osadzona kotew, stan kotwi niezdefiniowany, modulem dźwiękowym i membranową klawiaturą sterującą 12, zawierającymi się w module analityczno-pomiarowym 5 w hermetycznej i wytrzymałej obudowie 14 wykonanej ze stopów lekkich, przy czym elementy zawierające się w głowicy pomiarowej 1 i elementy zawierające się w module analityczno-pomiarowym 5 zasilane są z tego samego, wewnętrznego modułu zasilania 7, który składa się z układu ładowania akumulatora 21, połączonego z akumulatorem litowo-jonowym 22 połączonym z przetwornicą napięcia 23. Urządzenie według wynalazku w tym przykładzie wykonania jest przenośne.

Trzeci przykład wykonania urządzenia według wynalazku zawiera konstrukcję taką jak w pierwszym przykładzie wykonania i dodatkowo zawiera moduł zdalnej komunikacji zewnętrznej oraz moduł archiwizacji danych, połączone dwukierunkowo z programowalnym sterownikiem 8.

Czwarty przykład wykonania urządzenia według wynalazku zawiera konstrukcję taką jak w trzecim przykładzie wykonania i dodatkowo zawiera moduł zegara rzeczywistego oraz moduł dźwiękowy połączone z programowalnym sterownikiem 8 oraz moduł zasilania zewnętrznego połączony z wewnętrznym zasilaniem 7.

Sposób według wynalazku w pierwszym przykładzie wykonania polega na tym, że mocuje się na badanej kotwi, osadzonej w stropie wyrobiska górniczego w złożu zawierającym rudy miedzi, głowicę pomiarową 1 za pomocą uchwyty magnetycznego 20 wykonanego z magnesu neodymowego, stanowiącego przednią część metalowej obudowy głowicy pomiarowej 1 i wzbudzeniu w niej drgań akustycznych, za pomocą krótkiego impulsu mechanicznego powstałego na skutek uderzenia kotwi młotkiem ręcznym, przy czym drgania kotwi są detektowane akustycznie w głowicy pomiarowej 1 przez mikrofon elektretowy 2, w taki sposób, że generuje się sygnał elektryczny, który jest proporcjonalny do amplitudy rozchodzących się fal mechanicznych, przy czym jest on wzmacniany przez programowalny wzmacniacz 3 znajdujący się w głowicy pomiarowej 1, a następnie wzmocniony sygnał doprowadza się ekranowym przewodem połączeniowym 4 do modułu analityczno-pomiarowego 5 znajdującego się w metalowej i hermetycznej obudowie 14, w którym sygnał przechodzi przez multiplekser 16, układ kompensacji stałego napięcia 17, układ próbkująco-pamiętający 18 i programowalny wzmacniacz 19, przy czym do multipleksa 16 podłączony jest czujnik temperatury 15, a następnie sygnał przetwarza się go za pomocą dwunastobitowego przetwornika analogowo-cyfrowego 6 z postaci analogowej na cyfrową, przy czym elementy zawierające się w module analityczno-pomiarowym 5 oraz elementy zawierające się w głowicy pomiarowej 1 zasilają się z tego samego wewnętrznego modułu zasilania 7, składającego się z układu ładowania akumulatora 21, połączonego z akumulatorem litowo-jonowym 22, połączonym z przetwornicą napięcia 23, przy czym przetwornikiem analogowo-cyfrowym 6 steruje się za pomocą 32 bitowego

procesora 8, taktowanego z częstotliwością 120 MHz, przy czym 32 bitowy procesor 8 wykonuje program zawarty w module 9 pamięci nieulotnej flash programu, korzystającego z modułu 10 ulotnej pamięci SRAM danych, w którym przechowuje się dane oraz z modułu 11 nieulotnej pamięci EEPROM, o pojemności 2048 kB parametrów konfiguracji, w której zapisano zadane wartości takich parametrów jak: częstotliwość próbkowania sygnału 200 kHz, całkowita ilość punktów pomiarowych 20 000, poziom proggu wyzwolenia pomiaru wynosi 3072, ilość punktów poddawanych transformacji Fouriera 4096, 1024 punktów poddawanych krótkoczasowej transformacji Fouriera, przesunięcie przedziału czasowego o 0,25 ms w krótkoczasowej transformacji Fouriera, a modulem analityczno-pomiarowym 5 steruje się za pomocą klawiatury membranowej 12 i wyświetlacza LCD TFT 320 x 240 punktów, o przekątnej 2,2 cala 13, przy czym wykonuje się 20 000 pomiarów sygnału dźwiękowego z częstotliwością próbkowania f_p 200 kHz następnie wyznacza się częstotliwości drgań kotwi oraz ich amplitudy, z tym że wybiera się i zlicza drgania o amplitudach większych od wartości progowej amplitudy stanowiącej 50% maksymalnej amplitudy, a następnie wyznacza się logarytmiczne dekrementy tłumienia każdego z tych drgań i porównuje się z wartościami progowymi logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań określonych dla właściwie i niewłaściwie osadzonych kotwi tego samego rodzaju i osadzonych w stropie wyrobiska górniczego w złożu rudy miedzi, przy czym dane o stanie osadzenia kotwi właściwie i niewłaściwie osadzonych uprzednio zapisuje się w module 11 pamięci nieulotnej konfiguracji, przy czym wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań badanej kotwi są większe od 200 i emituje się sygnał świetlny I stopnia, co emituje się przez wyświetlacz 13 w formie tekstu w kolorze zielonym: kotew właściwie osadzona. Czasową zależność drgań tej właściwie osadzonej kotwi uwidocznił na fig. 5, natomiast widmo drgań tej właściwie osadzonej kotwi uwidocznił na fig. 6.

W sposobie według wynalazku w drugim przykładzie wykonania postępuje się jak w pierwszym przykładzie wykonania sposobu według wynalazku, z tą różnicą, że wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań badanej kotwi są mniejsze od 150 i emituje się sygnał świetlny II stopnia, co emituje się przez wyświetlacz 13 w formie tekstu w kolorze czerwonym: kotew niewłaściwie osadzona, oraz co emituje się sygnałem dźwiękowym S przez moduł dźwiękowy.

W sposobie według wynalazku w trzecim przykładzie wykonania postępuje się jak w pierwszym przykładzie wykonania sposobu według wynalazku, z tą różnicą, że wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań badanej kotwi zawierają się w przedziale między 150 a 200 i emituje się sygnał świetlny III stopnia, co emituje się przez wyświetlacz 13 w formie tekstu w kolorze żółtym: stan kotwi niezdefiniowany.

W sposobie według wynalazku w czwartym przykładzie wykonania postępuje się jak w pierwszym przykładzie wykonania sposobu według wynalazku, z tą różnicą, że ilość drgań kotwi o amplitudach większych od wartości progowej amplitudy wynosi 3 i bez względu na wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi emituje się sygnał świetlny II stopnia, co emituje się przez wyświetlacz 13 w formie tekstu w kolorze czerwonym: kotew niewłaściwie osadzona. Czasową zależność drgań tej niewłaściwie osadzonej kotwi uwidocznił na fig. 7, natomiast widmo drgań tej niewłaściwie osadzonej kotwi uwidocznił na fig. 8.

W sposobie według wynalazku w piątym przykładzie wykonania mocuje się na badanej kotwie, osadzonej w stropie wyrobiska górniczego w złożu zawierającym rudy miedzi, głowicę pomiarową 1 za pomocą zacisku 24 i wzbudzeniu w badanej kotwie drgań akustycznych, za pomocą krótkiego impulsu mechanicznego powstałego na skutek uderzenia kotwi młotkiem ręcznym, przy czym drgania kotwi są detektowane akustycznie w głowicy pomiarowej 1 przez mikrofon elektretowy 2, w taki sposób, że generuje się sygnał elektryczny, który jest proporcjonalny do amplitudy rozchodzących się fal mechanicznych, przy czym jest on wzmacniany przez programowalny wzmacniacz 3 znajdujący się w głowicy pomiarowej 1, a następnie wzmocniony sygnał doprowadza się ekranowym przewodem połączeniowym 4 do modułu analityczno-pomiarowego 5 znajdującego się w metalowej i hermetycznej obudowie 14, a następnie przetwarza się go za pomocą dwunastobitowego przetwornika analogowo-cyfrowego 6 z postaci analogowej na cyfrową, przy czym elementy zawierające się w module analityczno-pomiarowym 5 oraz elementy zawierające się w głowicy pomiarowej 1 zasilają się z tego samego wewnętrznego modułu zasilania 7, składającego się z układu ładowania akumulatora 21, połączonego z akumulatorem litowo-jonowym 22 oraz z przetwornicy napięcia 23, przy czym przetwornikiem analogowo-cyfrowym 6 steruje się za pomocą 32 bitowego procesora 8, takowanego z częstotliwością 120 MHz, przy czym 32 bitowy procesor 8 wykonuje program zawarty w module 9 pamięci nieulotnej flash programu, korzystającego z modułu 10 ulotnej pamięci SRAM danych, w którym przechowuje się dane oraz z modułu 11 nieulotnej pamięci EEPROM, o pojemności 2048 kB parametrów konfiguracji,

w której zapisano zadane wartości takich parametrów jak: częstotliwość próbkowania sygnału 200 kHz, całkowita ilość punktów pomiarowych 20 000, poziom progu wyzwolenia pomiaru wynosi 3072, ilość punktów poddawanych transformacji Fouriera 4096, 1024 punktów poddawanych krótkoczasowej transformacji Fouriera, przesunięcie przedziału czasowego o 0,25 ms w krótkoczasowej transformacji Fouriera, a modulem analityczno-pomiarowym 5 steruje się za pomocą klawiatury membranowej 12 i wyświetlacza LCD TFT 320 x 240 punktów, o przekątnej 2,2 cala 13, przy czym wykonuje się 20 000 pomiarów sygnału dźwiękowego z częstotliwością próbkowania f_p 200 kHz następnie wyznacza się częstotliwości drgań kotwi oraz ich amplitudy, z tym że wybiera się i zlicza drgania o amplitudach większych od wartości progowej amplitudy stanowiącej 50% maksymalnej amplitudy, a następnie wyznacza się logarytmiczne dekrementy tłumienia każdego z tych drgań i porównuje się z wartościami progowymi logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań określonymi dla właściwie i niewłaściwie osadzonych kotwi tego samego rodzaju i osadzonych w stropie wyrobiska górniczego w złożu rudy miedzi, przy czym dane o stanie osadzenia kotwi właściwie i niewłaściwie osadzonych uprzednio zapisuje się w module 11 pamięci nieulotnej konfiguracji, przy czym wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań badanej kotwi są większe od 200 i emituje się sygnał świetlny I stopnia, co emituje się przez wyświetlacz 13 w formie tekstu w kolorze zielonym: kotew właściwie osadzona, przy czym dane o przetworzonym sygnale zapisuje się i transmituje się do komputera PC, jak i informację o rzeczywistym czasie badania zawierającą rok, miesiąc, dzień, godzinę i minutę.

W sposobie według wynalazku w szóstym przykładzie wykonania postępuje się jak w piątym przykładzie wykonania sposobu według wynalazku, z tą różnicą, że wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań badanej kotwi są mniejsze od 150 i emituje się sygnał świetlny II stopnia, co emituje się przez wyświetlacz 13 w formie symbolu graficznego w kształcie koła w kolorze czerwonym, który oznacza, że kotew jest niewłaściwie osadzona, oraz co emituje się sygnałem dźwiękowym S przez moduł dźwiękowy.

W sposobie według wynalazku w siódmym przykładzie wykonania postępuje się jak w piątym przykładzie wykonania sposobu według wynalazku, z tą różnicą, że wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań badanej kotwi zawierają się w przedziale między 150 a 200 i emituje się sygnał świetlny III stopnia, co emituje się przez wyświetlacz 13 w formie tekstu w kolorze żółtym: stan kotwi niezdefiniowany.

W sposobie według wynalazku w ósmym przykładzie wykonania postępuje się jak w piątym przykładzie wykonania sposobu według wynalazku, z tą różnicą, że ilość drgań kotwi o amplitudach większych od wartości progowej amplitudy wynosi 4 i bez względu na wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi emituje się sygnał świetlny II stopnia, co emituje się przez wyświetlacz 13 formie symbolu graficznego w kształcie koła w kolorze czerwonym, który oznacza, że kotew jest niewłaściwie osadzona, oraz co emituje się sygnałem dźwiękowym S przez moduł dźwiękowy.

Sposób według wynalazku w odniesieniu do stanu techniki minimalizuje ilość czynności zmierzających do oceny stanu osadzenia kotwi, jednocześnie zapewniając prawidłową ocenę rzeczywistego osadzenia kotwi w górotworze. Urządzenie według wynalazku z uwagi na zastosowane elementy ma znacznie uproszczoną i skróconą drogę przepływu informacji, co powoduje, że pomiary służące ocenie stanu osadzenia kotwi stanowią precyzyjniejsze, od rozwiązań znanych ze stanu techniki, odzwierciedlenie ich rzeczywistego stanu, a hermetyczna i wytrzymała obudowa pozwala na zastosowanie urządzenia według wynalazku w trudnych warunkach, jakie panują w podziemnych wyrobiskach górniczych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób oceny stanu osadzenia kotwi, zwłaszcza kotwi spoiwowych, polegający na wzbudzeniu drgań akustycznych kotwi osadzonej w górotworze, następnie zamianie powstałego w ten sposób sygnału akustycznego na sygnał elektryczny, wzmocnieniu sygnału elektrycznego, przetworzeniu sygnału elektrycznego za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego na sygnał cyfrowy, a następnie poddaniu analizie przy użyciu transformacji Fouriera i krótkoczasowej transformacji Fouriera, porównaniu otrzymanych wyników z wynikami otrzymanymi dla właściwie osadzonych kotwi, i uzyskaniu informacji o stanie osadzenia badanej kotwi **znamienny tym**, że z wykorzystaniem urządzenia do oceny stanu osadzenia kotwi, określonego w którymkolwiek z zastrzeżeń od 8 do 24, realizuje się następujące czynności:
 - a) na badanej kotwi mocuje się głowicę pomiarową (1),

- b) za pomocą krótkiego impulsu mechanicznego, na skutek uderzenia kotwi młotkiem ręcznym, wzbudza się drgania kotwi detektowane akustycznie w głowicy pomiarowej (1) przez przetwornik mechano-elektryczny (2),
 - c) generuje się sygnał elektryczny wzmacniany przez programowalny wzmacniacz (3), a wzmacniony sygnał doprowadza się przewodem ekranowym (4) do modułu analityczno-pomiarowego (5),
 - d) sygnał przetwarza się za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego (6) z postaci analogowej na cyfrową,
 - e) wykonuje się określoną ilość pomiarów sygnału dźwiękowego z określoną częstotliwością próbkowania, przy czym w module (11) pamięci nieulotnej parametrów konfiguracji uprzednio zapisuje się zadane kluczowe wartości parametrów konfiguracji dla poprawnej pracy urządzenia oraz dane o stanie osadzenia kotwi właściwie i niewłaściwie osadzonych,
 - f) wyznacza się częstotliwości drgań kotwi oraz ich amplitudy, z tym że wybiera się i zlicza drgania o amplitudach większych od wartości progowej amplitudy stanowiącej 50% maksymalnej amplitudy, wyznacza się logarytmiczne dekrementy tłumienia każdego z drgań akustycznych badanej kotwi i porównuje się z wartościami progowymi logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych określonych dla właściwie i niewłaściwie osadzonych kotwi tego samego rodzaju i osadzonych w zbliżonych warunkach geologicznych co kotew badana, przy czym:
 - gdy wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi są większe od górnej wartości progowej logarytmicznego dekrementu tłumienia drgań akustycznych określonej dla kotwi właściwie osadzonych, to emituje się sygnał świetlny I stopnia, który oznacza, że stan osadzenia kotwi jest właściwy,
 - a gdy wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi są mniejsze od dolnej wartości progowej logarytmicznego tłumienia drgań akustycznych określonej dla kotwi niewłaściwie osadzonych, to emituje się sygnał świetlny II stopnia, który oznacza, że stan osadzenia kotwi jest niewłaściwy,
 - a gdy wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi są zawarte między dolną wartością progową logarytmicznego dekrementu tłumienia drgań akustycznych określoną dla kotwi niewłaściwie osadzonych, a górną wartością progową logarytmicznego dekrementu tłumienia drgań akustycznych określoną dla kotwi właściwie osadzonych, to emituje się sygnał świetlny III stopnia, który oznacza, że stan osadzenia kotwi jest niezdefiniowany,
 - natomiast gdy ilość drgań akustycznych badanej kotwi o amplitudach większych od wartości progowej amplitudy badanej kotwi jest większa od wartości parametru progowej ilości drgań akustycznych nie mniejszej niż 2, to bez względu na wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi emituje się jest sygnał świetlny II stopnia, który oznacza, że stan badanej kotwi jest niewłaściwy.
2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że sygnały świetlne I, II i III stopnia emituje się przez wyświetlacz (13).
 3. Sposób według zastrz. 1 albo zastrz.2 **znamienny tym**, że sygnały świetlne I, II i III stopnia emituje się w formie tekstu.
 4. Sposób według zastrz. 1 albo zastrz. 2. **znamienny tym**, że sygnały świetlne I, II, i III stopnia emituje się w formie symboli graficznych.
 5. Sposób według zastrz. 1 albo zastrz. 2, albo zastrz. 3, albo zastrz.4 **znamienny tym**, że sygnały świetlne I, II i III stopnia emituje się w kolorze.
 6. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że gdy wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi są mniejsze od dolnej wartości progowej logarytmicznego tłumienia drgań akustycznych określonej dla kotwi niewłaściwie osadzonych, to emituje się sygnał dźwiękowy S, który oznacza, że stan osadzenia kotwi jest niewłaściwy.
 7. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że gdy ilość drgań akustycznych badanej kotwi o amplitudach większych od wartości progowej amplitudy badanej kotwi jest większa od wartości parametru progowej ilości drgań akustycznych nie mniejszej niż 2, to bez względu na wartości logarytmicznych dekrementów tłumienia drgań akustycznych badanej kotwi emituje się sygnał dźwiękowy S, który oznacza, że stan badanej kotwi jest niewłaściwy.

8. Urządzenie do oceny stanu osadzenia kotwi, zwłaszcza kotwi spoiwowych, zawierające przetwornik mechano-elektryczny, wzmacniacz, przetwornik analogowo-cyfrowy, procesor do przetwarzania danych, zasilanie **zamienne tym**, że ma głowicę pomiarową (1), zawierającą przetwornik mechano-elektryczny (2) oraz wzmacniacz (3), połączoną przewodem ekranowanym (4) z modułem analityczno-pomiarowym (5), zawierającym przetwornik analogowo-cyfrowy (6) oraz programowalny sterownik (8) przy czym zawierający się w module analityczno-pomiarowym (5) przetwornik analogowo-cyfrowy (6) połączony jest dwukierunkowo z programowalnym sterownikiem (8), który to jest połączony z modułem (9) pamięci nieulotnej programu, modułem (10) pamięci danych, modułem (11) pamięci nieulotnej parametrów konfiguracji, wyświetlaczem (13) i klawiaturą sterującą (12) zawierającymi się w module analityczno-pomiarowym (5) w obudowie (14), ponadto programowalny sterownik (8) połączony jest ze wzmacniaczem (3), przy czym elementy zawierające się w głowicy pomiarowej (1) i elementy zawierające się w module pomiarowym (5) zasilane są z tego samego, wewnętrznego modułu zasilania (7).
9. Urządzenie według zastr. 8 **znamiennie tym**, że wzmacniacz (3) jest połączony przewodem ekranowym (4), przez multiplexer (16), układ kompensacji stałego napięcia (17), układ próbkująco-pamiętający (18) i programowalny wzmacniacz (19), z przetwornikiem analogowo-cyfrowym (6).
10. Urządzenie według zastr. 9 **znamiennie tym**, że ma czujnik temperatury (15), który jest połączony z multiplexerem (16).
11. Urządzenie według zastr. 8 albo zastr. 9, albo zastr. 10 **znamiennie tym**, że zawiera moduł zdalnej komunikacji zewnętrznej, który jest połączony dwukierunkowo z programowalnym sterownikiem (8).
12. Urządzenie według zastr. 8 albo zastr. 9, albo zastr. 10, albo zastr. 11 **znamiennie tym**, że zawiera moduł archiwizacji danych, który jest połączony dwukierunkowo z programowalnym sterownikiem (8).
13. Urządzenie według zastr. 8 albo zastr. 9, albo zastr. 10, albo zastr. 11, albo zastr. 12 **znamiennie tym**, że ma zewnętrzny moduł zasilający, który jest połączony z wewnętrznym modułem zasilania (7).
14. Urządzenie według zastr. 8–13 **znamiennie tym**, że ma moduł zegara czasu rzeczywistego, który jest połączony dwukierunkowo z programowalnym sterownikiem (8).
15. Urządzenie według zastr. 8–14 **znamiennie tym**, że ma dodatkowo moduł dźwiękowy, który jest połączony z programowalnym sterownikiem (8).
16. Urządzenie według zastr. 8–15 **znamiennie tym**, że na wyświetlaczu (13) prezentowany jest wynik o stanie badanej kotwi w trzech trybach: właściwie osadzona kotew, niewłaściwie osadzona kotew, stan kotwi niezdefiniowany.
17. Urządzenie według zastr. 8–16 **znamiennie tym**, że ma uchwyt magnetyczny (20) wbudowany w głowicę pomiarową (1).
18. Urządzenie według zastr. 8–16 **znamiennie tym**, że głowica pomiarowa (1) wbudowana jest w zacisk (24).
19. Urządzenie według zastr. 8–18 **znamiennie tym**, że przetwornik mechano-elektryczny (2) jest mikrofonem elektretowym.
20. Urządzenie według zastr. 8–18 **znamiennie tym**, że przetwornik mechano-elektryczny (2) jest mikrofonem piezoelektrycznym.
21. Urządzenie według zastr. 8–20 **znamiennie tym**, że przetwornik analogowo-cyfrowy (6) jest co najmniej ośmiobitowy.
22. Urządzenie według zastr. 8–21 **znamiennie tym**, że wewnętrzny moduł zasilania (7) zawiera układ ładowania akumulatora (21) połączony z akumulatorem elektrycznym (22), który jest połączony z przetwornicą napięcia (23).
23. Urządzenie według zastr. 8–22 **znamiennie tym**, że obudowa (14) modułu analityczno-pomiarowego (5) jest hermetyczna.
24. Urządzenie według zastr. 8–23 **znamiennie tym**, że jest przenośne.

Rysunki

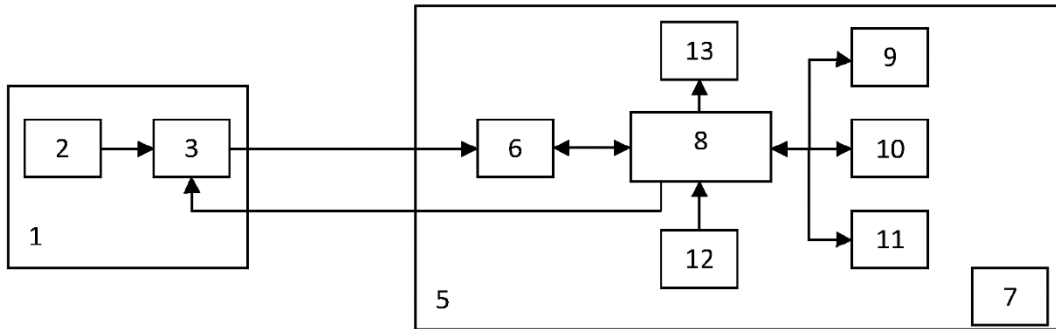


Fig. 1

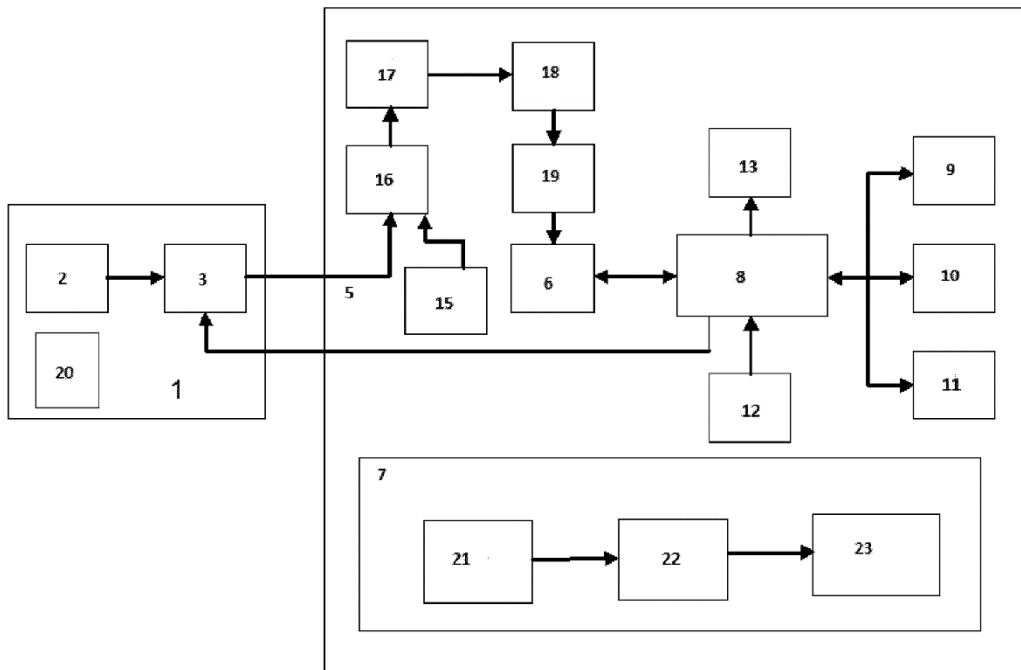


Fig. 2

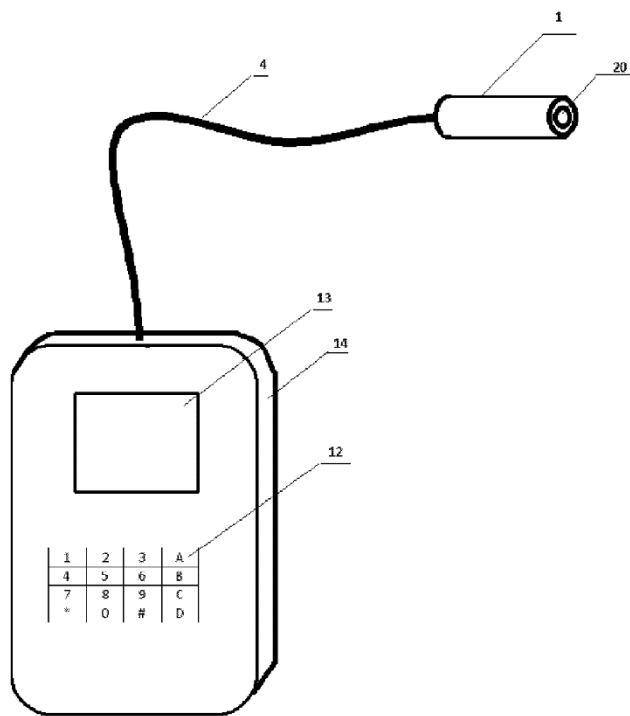


Fig. 3

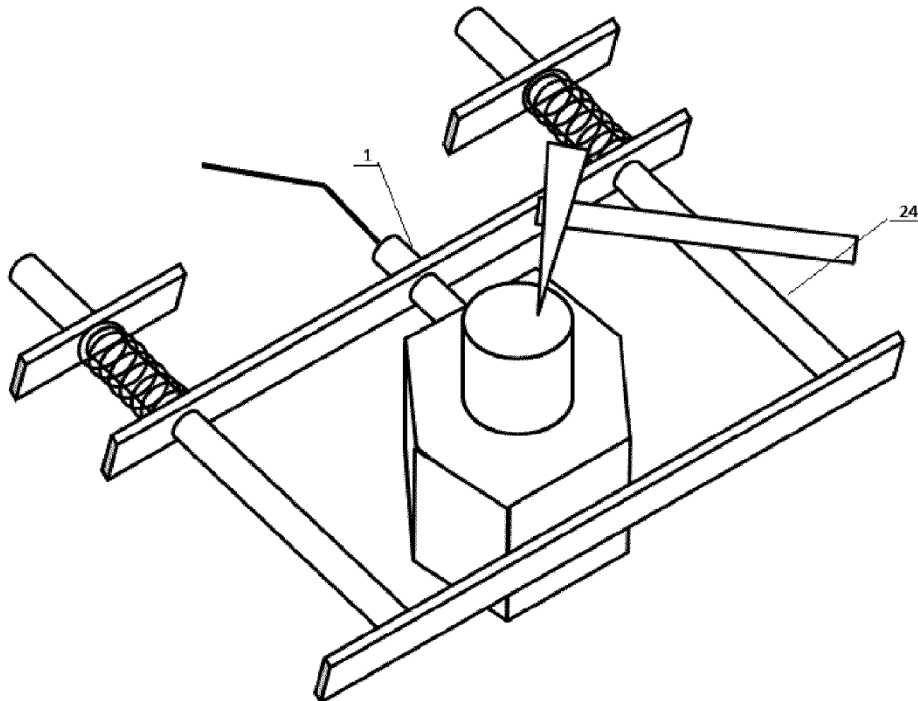


Fig. 4

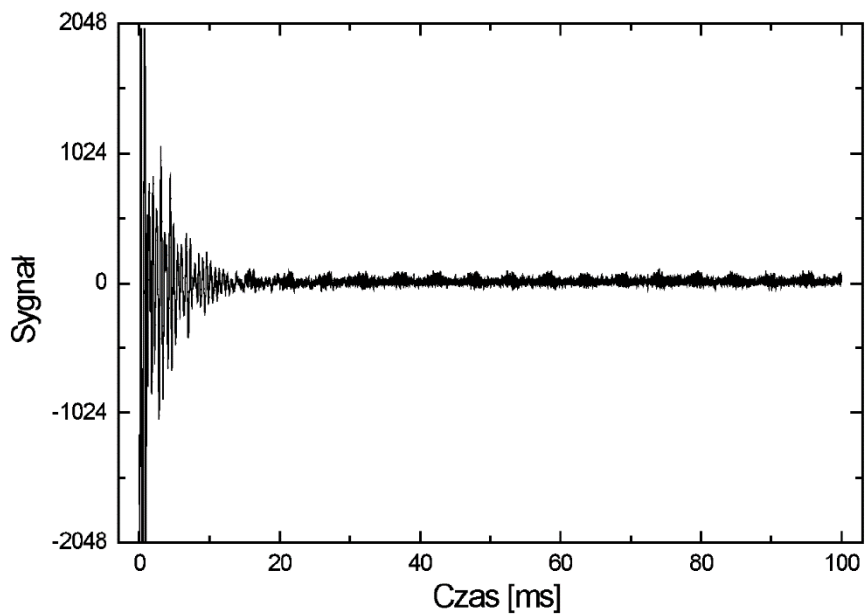


Fig. 5

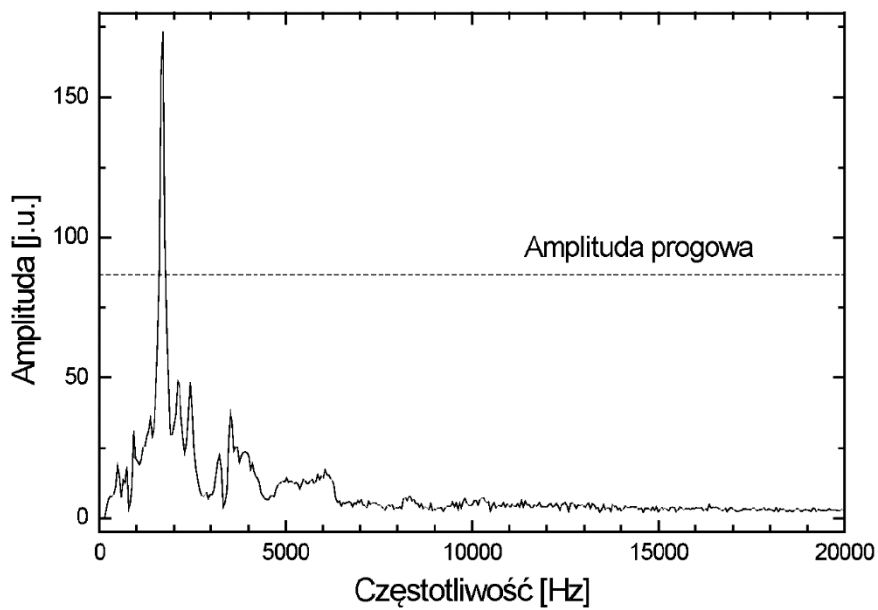


Fig. 6

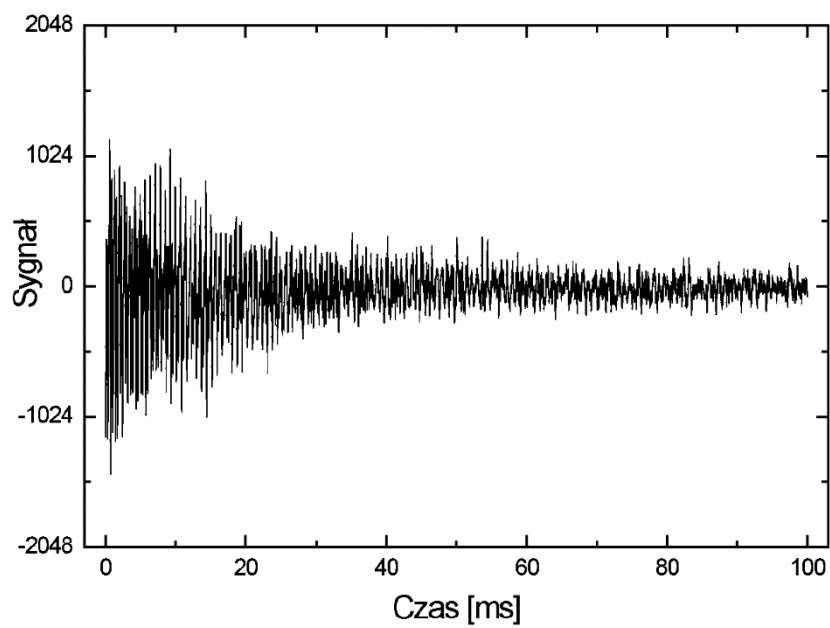


Fig. 7

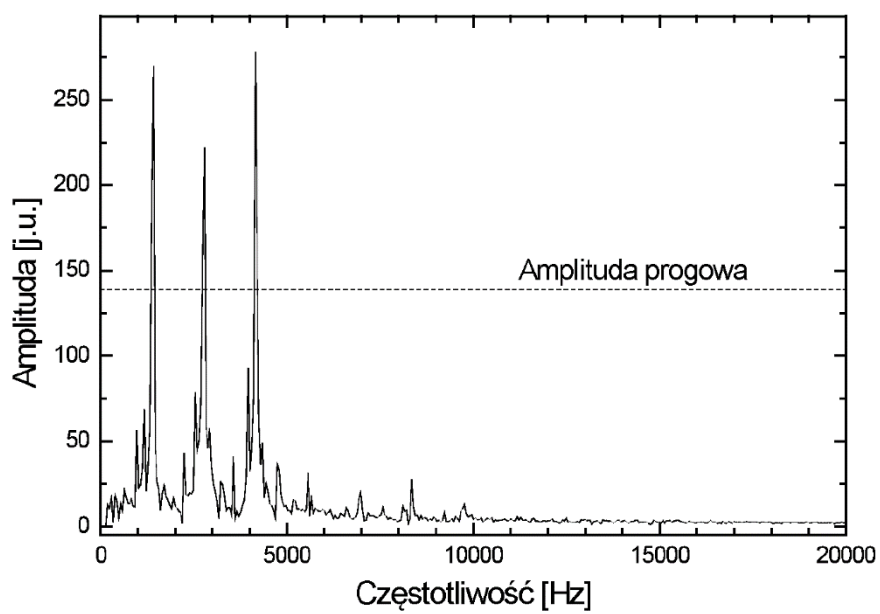


Fig. 8