

mgr inż. KRZYSZTOF OSET
mgr inż. SŁAWOMIR CHMIELARZ
Instytut Technik Innowacyjnych EMAG
mgr inż. ADAM AUGUSTYNIAK
STERLAB

Nowe rozwiązanie w dziedzinie mobilnej aparatury sejsmicznej – PASAT M

New solutions in mobile seismic apparatus – PASAT M

W artykule przedstawiono genezę powstania innowacyjnej konstrukcji przenośnej aparatury sejsmicznej PASATA M. Przedstawiono jej zastosowanie do pomiarów sejsmicznych umożliwiających interpretację wyników w zakresie zagrożenia tąpnięciami, jak i zagrożenia metanowego – zapalenia, wybuchu metanu. Scharakteryzowano parametry aparatury, akcentując jej funkcjonalność.

The article features the development of a new innovative mobile seismic apparatus – PASAT M. The authors presented the application of the apparatus in seismic measurements which enable to interpret measurement results in terms of rock-burst hazards and methane hazards, such as ignition or explosion. The parameters of the apparatus were characterized with focus on its functionality.

1. WPROWADZENIE

Spośród wielu metod oceny stanu górotworu najistotniejszymi są:

- profilowanie sejsmiczne wzdłuż wyrobisk górniczych,
- profilowanie prędkości w otworach wiertniczych,
- prześwietlanie pomiędzy wyrobiskiem górniczym a otworem wiertniczym,
- prześwietlanie pomiędzy otworami wiertniczymi.

Najczęściej i w najszerszym zakresie stosowane są prześwietlania sejsmiczne pomiędzy wyrobiskami oraz profilowania sejsmiczne. Prześwietlanie sejsmiczne pomiędzy wyrobiskami służy do rozpoznania własności sprężystych górotworu, stanu naprężeń, oceny zagrożenia wstrząsami górniczymi w rejonie projektowanej eksploatacji na podstawie rozkładu prędkości fal sprężystych w pokładzie węgla i jego otoczeniu rozchodzącymi się pomiędzy takimi wyrobiskami.

1. INTRODUCTION

There are many methods to assess the condition of the rock mass of which the most important are:

- borehole survey in mining excavations,
- speed profiling in bores,
- seismic tomography between an excavation and a bore,
- seismic tomography between bores.

The most frequently used methods are seismic tomography between mining excavations and borehole survey. Seismic tomography between excavations is used to identify the elastic properties of rock mass, to identify stresses, and to evaluate rock-burst hazards in the area of planned mining exploitation on the basis of the velocity distribution of elastic waves, in a coal bed and its surroundings, which propagate between such excavations.

W każdej z tych metod najważniejsze jest uzyskanie poprawnych rejestracji sejsmicznych i zarejestrowanie pełnego obrazu falowego interesujących fal użytecznych w zakresie czasu i częstotliwości, co wymaga określenia minimalnego czasu rejestracji w zależności od maksymalnej długości trasy sejsmicznej i przewidywanej minimalnej prędkości najwolniejszej z fal użytecznych. Minimalną częstość próbkowania określamy w zależności od przewidywanej maksymalnej częstości lub minimalnego okresu rejestrowanych fal. Ewentualne opóźnienie rozpoczęcia rejestracji od momentu wzbudzenia fali uzależnione jest od maksymalnej prędkości fali użytecznej i minimalnej długości trasy sejsmicznej.

Uzyskanie poprawnych technicznie, pełnych przebiegów fal sejsmicznych w postaci cyfrowych sejsmogramów, w zaprojektowanym adekwatnie do celu pomiarów układzie pomiarowym jest warunkiem dobrego pomiaru. Sejsmogramy zapewniać powinny możliwość wydzielenia fali podłużnej i poprzecznej w otoczeniu pokładu oraz fal podłużnej i poprzecznej w pokładzie.

Niezbędnym narzędziem dla każdego geofizyka, który jest odpowiedzialny na kopalni za badania związane z eksploatacją złóż węgla, powinna być odpowiednia aparatura. Idea, a w ślad za tym odpowiednia aparatura – PASAT 12i – powstała wiele lat temu (w ówczesnym Centrum EMAG) i znalazła zastosowanie w kilku polskich kopalniach. Jednakże parametry, serwisowanie oraz obowiązujące od kilkunastu lat przepisy ATEX wymogły na konstruktorach zupełnie nowe podejście do urządzenia. Wszystko to spowodowało, że w Instytucie Technik Innowacyjnych EMAG powstała jej nowa generacja – PASAT M [3,1]. Podobną aparaturą dysponuje tylko niemiecka firma DMT.

2. MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA APARATURY PASAT M

Zastosowanie tego typu aparatury jest bardzo specjalistyczne, niemniej jednak można wykorzystać ją w wielu dziedzinach związanych z geofizyką. Pośrednio badania wykonane za pomocą aparatury PASAT M przekładają się na wzrost bezpieczeństwa eksploatacji złóż węgla. Możliwe też jest przewidywanie problemów związanych z niejednorodnością złoża, czy też obecnością metanu. Docenianie takich możliwości widoczne jest nie tylko w polskich kopalniach. Aparatura PASAT M jest stosowana także w Federacji Rosyjskiej i Chinach.

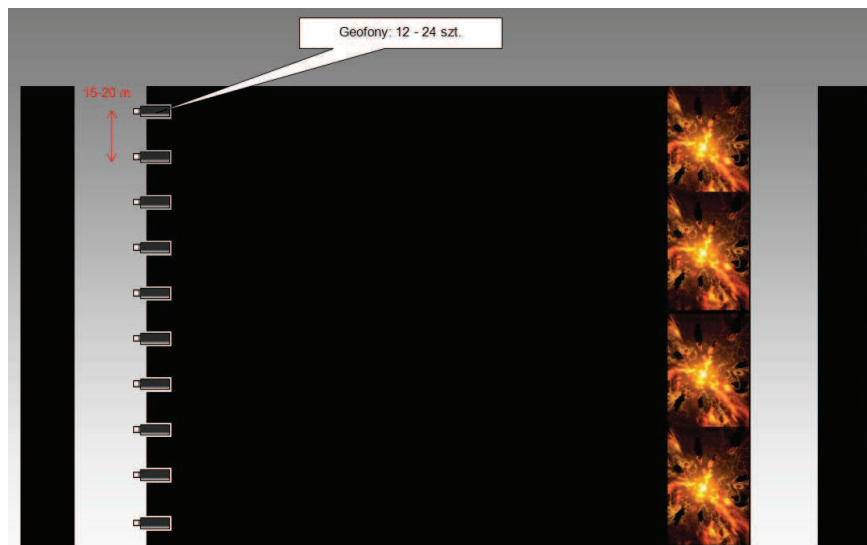
Each of these methods is focused on achieving proper seismic recordings and on registering a full wave picture of waves which are useful in the given time and frequency range. This requires to determine the minimum registration time depending on the maximum length of the seismic trace, and the anticipated minimum speed of the slowest useful wave. The minimum sample rate is determined based on the anticipated maximum frequency or the minimum period of registered waves. Possible delay in the registration start from the moment of the wave generation depends on the maximum velocity of the useful wave and the minimum length of the seismic trace.

The condition of good measurement is to obtain technically accurate, full courses of seismic waves in the form of digital seismograms in a measuring system which was designed adequately for the measurement purposes. The seismograms should ensure the possibility to allocate a longitudinal wave and a transverse wave in the coal bed surroundings and a longitudinal wave and transverse wave in the bed.

A geophysics expert who is responsible for tests related to coal exploitation should be equipped with proper apparatus. The concept of such apparatus and the device itself – PASAT 12i – was developed many years ago (in the then Centrum EMAG) and found application in several Polish coal mines. However, the parameters, maintenance and ATEX regulations required the developers to apply a completely new approach to the device. All these factors resulted in the development of a new generation apparatus – PASAT M [3, 1] – in the Institute of Innovative Technologies EMAG. Similar apparatus is at disposal of only one company – DMT from Germany.

2. POSSIBLE APPLICATIONS OF PASAT M

The application of this type of apparatus requires specialized skills, however it can be used in many geophysics-related areas. The tests performed with the use of PASAT M have an indirect influence on the security of coal exploitation. It is also possible to anticipate problems resulting from heterogenic deposits or methane presence. These possibilities are recognized not only in Polish mines. PASAT M is also used in Russia and China.



Rys. 1. Zasada pomiaru aparaturą PASAT M
 Fig. 1. Measurement method of PASAT M

Aparatura PASAT M pozwala zautomatyzować proces pomiaru i przetworzenia danych, pozostawiając operatorowi interpretację wyników pomiaru. Nie ma bowiem, niestety, jeszcze takich urządzeń, które zastąpią wiedzę i doświadczenie człowieka. Szczególnie jeśli chodzi o bezpieczeństwo. Zatem jej zalety są nie do przecenienia.

Drgania wzbudzone są przez odpalenie niewielkich ładunków materiałów wybuchowych (do 250g) [4, 6] lub udarowo (rys. 1).

W trakcie wykonywania pomiarów bezwzględnie wymagana jest cisza sejsmiczna, czyli zakaz pracy urządzeń mechanicznych oraz wykonywania robót powodujących drgania podłoża lub hałas w rejonie pomiarów (w promieniu 500 m). Niewskazane jest przebywanie innych pracowników (poza obsługującymi pomiary) w wymienionych wyrobiskach.

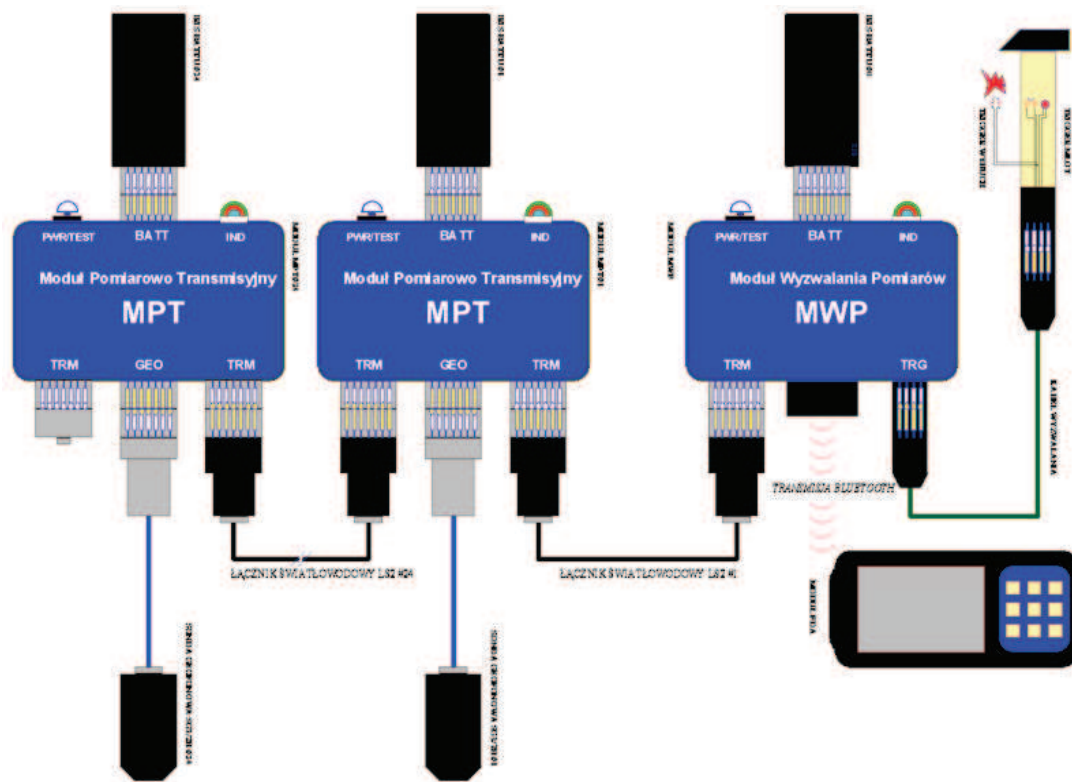
Metodą wzbudzonej aktywności sejsmoakustycznej, przy zastosowaniu aparatury PASAT M, można prowadzić badania niejednorodności geologicznych przed frontem eksploatacji w celu wyszukania i zlokalizowania kawern z metanem [5], powodujących nagły wzrost poziomu zagrożenia metanowego. Nierzadko dochodzi do zapalenia metanu a czasem, na szczęście bardzo rzadko, także do jego wybuchu. Ponieważ częste występowanie utajonych zbiorników metanu spotykane jest w górnictwie węgla kamiennego, zwłaszcza Ukrainy, a także Rosji, dlatego też badania tego typu podjął w tym roku moskiewski Instytut Problemów Zagospodarowania Bogactw Naturalnych Rosyjskiej Akademii Nauk.

The PASAT M apparatus allows to automate the process of data measurement and processing and leaves the measurement results interpretation to the operator. Unfortunately, for the time being there are no devices which could replace human knowledge and experience, particularly as far as security is concerned. Thus the advantages of the apparatus cannot be underestimated.

The vibrations are generated by blasting off small-size explosives (up to 250 g) [4, 6] or by impacts (Fig. 1).

When the measurements are taken, it is absolutely necessary to have seismic silence, i.e. it is forbidden to use mechanical devices and to carry out works which generate ground vibrations or noise in the measurement area (in the radius of 500 m). It is not recommended that other employees apart from those taking part in the measurements should be present in the given mining excavations.

The method of generated seismic-acoustic activity used with PASAT M allows to examine geological heterogeneities in the front of mining exploitation with a view to identify and locate methane cavities [5] which cause sudden increase of methane explosion hazards. It often happens that methane flames up and sometimes, luckily not very often, it explodes. As frequent occurrence of hidden methane tanks is a common problem in hard coal mining, particularly in Ukraine and Russia, the research on this issue was launched this year by the Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences from Moscow.



Rys. 2. Schemat blokowy aparatury PASAT M
Fig. 2. PASAT M diagram

3. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA

Iskrobezpieczna przenośna aparatura sejsmiczna PASAT M składa się (rys. 2):

- z zestawu 12 lub 24 modułów pomiarowo-transmisyjnych MPT,
- sond geofonowych SG3 – liczbowo dostosowanych do zestawu modułów,
- jednego modułu wyzwalania pomiarów MWP,
- łączników światłowodowych LS2 łączących moduły MWP i MPT,
- odpowiedniej ilości baterii IRIS-BATT/U dla modułów MPT i MWP,
- jednego iskrobezpiecznego modułu PDA i.roc x20-Ex.

Moduł pomiarowo-transmisyjny MPT jest dwukanałowym urządzeniem pomiarowym służącym do rejestrowania sygnałów sejsmicznych pochodzących z geofonów analogowych sondy SG3, a po przetworzeniu ich na postać cyfrową dane zapamiętywane są w pamięci. Dane transmitowane są magistralą CAN do modułu nadrzędnego MWP za pomocą łącznika światłowodowego LS2. Wyposażony jest w przycisk (PWR/TEST) i indykator LED, umożliwiające włączenie i testowanie modułu oraz podgląd stanu pracy czy też poziomu sygnału rejestrowanego. Wyposażony jest również w gniazda:

3. STRUCTURE AND OPERATING PRINCIPLES

The PASAT M intrinsically safe mobile seismic apparatus comprises the following elements (Fig. 2):

- a set of 12 or 24 MPT measurement and transmission modules,
- SG3 geophone probes whose number will be suited to the module set,
- one MWP measurement trigger module,
- LS2 light pipe connectors for connecting MWP and MPT modules,
- a suitable number of IRIS-BATT/U batteries for MPT and MWP modules,
- one intrinsically safe PDA i.roc x20-Ex module.

The MPT measurement and transmission module is a two-channel measuring device for recording seismic signals coming from analogue geophones of the SG3 probe. After the signals are processed into a digital form, the data are stored in the memory. The data are transmitted by means of the CAN bus to the master MWP module through a LS2 light pipe connector. The module has a button (PWR/TEST) and a LED indicator which enable to turn off and test the module and make it possible to view the operating condition or the level of the recorded signal. Additionally, the module has the following sockets:

- wejście zasilania (dla baterii iskrobezpiecznej) – 1 szt.,
- wejście / wyjście transmisji – 1 szt.,
- wejście sondy pomiarowej – 1 szt.

Moduł wyzwalania pomiarów MWP jest modulem nadrzędnym służącym do inicjacji pomiarów oraz transmisji przetworzonych sygnałów sejsmicznych pochodzących z modułów pomiarowych MPT za pomocą magistrali CAN łącznikami światłowodowymi LS2. Moduł wyposażony jest w przycisk (PWR/TEST) i indykator LED, umożliwiające włączenie i testowanie modułu oraz podgląd stanu pracy. Wyposażony jest również w gniazda:

- wejście zasilania (dla baterii iskrobezpiecznej) – 1 szt.,
- wejście / wyjście transmisji – 1 szt.,
- wejście wyzwalania pomiarów – 1 szt.

Iskrobezpieczna bateria akumulatorów IRIS-BATT/U służy do zasilania modułów MWP i MPT.

Sonda geofonowa SG3 jest sondą dwuosiową, złożoną z geofonów GS-11D (produkcji GEOSPACE), wraz z zabezpieczeniami. Sonda zamienia odebrane sygnały zmiany prędkości fali sejsmicznej na sygnały elektryczne.

Iskrobezpieczny moduł PDA i.roc x20 (-Ex) jest przenośnym modulem (palmtopem) zarządzającym bezprzewodowo modulem nadrzędnym MWP za pomocą transmisji Bluetooth. Służy do sterowania, wizualizacji, archiwizacji danych pomiarowych otrzymanych z modułów MPT poprzez moduł MWP.

Oprogramowanie sterujące w modułach MWP oraz MPT [2] zostało napisane w języku programowania assembler dla zapewnienia maksymalnej wydajności oraz odpowiedniej synchronizacji pomiarów.

4. REALIZACJA POMIARÓW

Układ pomiarowy modułu MPT ma najwyższe wymagania w zakresie dynamiki pomiaru i stosunku sygnał/szum. W związku z tym zastosowano najlepsze, dostępne na rynku rozwiązania układowe, aby je spełnić. W torze pomiarowym pracuje tandem złożony z wzmacniacza pomiarowego firmy Burr-Brown oraz 24-bitowego przetwornika kompensacyjnego firmy Analog Devices. Ponieważ przetwornik kompensacyjny może wzbudzać w tym układzie wątpliwość wyjaśnieniem jego zastosowania jest to, że układ ten ma wbudowany filtr antyaliasyjny, przez co dorównuje dokładności przetwornikowi sigma-delta, a jest od niego szybszy.

- one power supply input (for the intrinsically safe battery),
- one transmission input/output,
- one measuring probe input.

The MWP measurement trigger module is a master module for initializing measurements and transmission of processed seismic signals coming from the MPT measurement modules by means of the CAN bus, through the LS2 light pipe connectors. The module is equipped with a button (PWR/TEST) and a LED indicator which enable to turn on and test the module and to view the operating condition. Additionally, the module has the following sockets:

- one power supply input (for the intrinsically safe battery),
- one transmission input/output,
- one measurement trigger input.

The IRIS-BATT/U intrinsically safe battery supplies the MWP and MPT modules.

The SG3 geophone probe is a two-axis probe comprising two GS-11D geophones (made by GEOSPACE) with protection facilities. The probe changes the received signals of seismic wave velocity change into electric signals.

The PDA i.roc x20 (-Ex) intrinsically module is a portable module (palmtop) responsible for wireless management of the MWP master module by means of Bluetooth transmission. The module is used for control, visualization and storage of measurement data received from the MPT modules through the MWP module.

The control software in the MWP and MPT modules [2] was written in the assembler programming language in order to ensure maximum efficiency and proper synchronization of measurements.

4. MEASUREMENTS

The measurement system of the MPT module must comply with the most rigorous requirements of measurement dynamics and signal-to-noise ratio. Therefore the best available solutions were used to fulfill these requirements. In the measurement line there is a tandem comprising a measurement amplifier made by Burr-Brown and a 24-bit compensation converter made by Analog Devices. The use of the compensation converter might be questioned in this system, however it is used because the system has an embedded anti-aliasing filter and therefore it is as accurate as a sigma-delta converter, yet faster.

Zastosowanie wzmacniacza o zmiennym wzmacnieniu ustawianym cyfrowo umożliwiło w prosty sposób zadanie odpowiedniego wzmacnienia w obwodzie wejściowym. Z kolei możliwość zmiany częstotliwości próbkowania uzyskano dzięki temu, że jako zegar taktujący przetworniki wykorzystano wyjście modułu PWM (ang. Pulse-Width Modulation) mikrokontrolera μC (firmy Microchip). Dzięki temu można zmieniać częstotliwość próbkowania w zakresie od 500 Hz do 20 kHz. Równocześnie ze zmianą częstotliwości próbkowania zmienia się częstotliwość odcięcia filtra antyaliasyjnego, co jest dużą zaletą zastosowanego rozwiązania. Parametry konfiguracyjne mikrokontrolera μC zapisywane są w wewnętrznej pamięci Flash.

Ważnym krokiem przed rozpoczęciem badań *in situ* jest przetestowanie toru pomiarowego. Gdy mikrokontroler μC w module MPT zostanie zasilony poprzez krótkie naciśnięcie przycisku, zapala zieloną diodę, odłącza zasilanie bloku analogowego oraz przechodzi w tryb spoczynku *idle*. Następne krótkie naciśnięcie przycisku powoduje wybudzenie mikrokontrolera μC na około 5 sekund, który załącza zasilanie bloku analogowego oraz uruchamia pomiar ciągle z przetworników A/D. Na podstawie zmierzonych wartości chwilowych sygnału z geofonu odpowiednio moduluje świecenie niebieskiej diody. Odpowiednio długie przytrzymanie i puszczenie przycisku powoduje, że mikrokontroler μC odcina napięcie zasilające i następuje wyłączenie całego modułu MPT. Funkcję wyłączenia można również realizować zdalnie poprzez wysłanie odpowiedniej ramki danych przez magistralę transmisyjną.

Konstrukcja modułu MPT pozwoliła osiągnąć dynamikę toru pomiarowego rzędu 110 dB. Podobnie wygląda stosunek sygnał/szum. Urządzenie jest tak czułe, że odbiera nie tylko słabe fale sejsmiczne w skale. Ruchy człowieka czy nawet zwierzęcia, nie wspominając pracy nawet najmniejszych maszyn są rejestrowane jako zjawiska ponad poziomem szumów i mogą być zinterpretowane jako fala sejsmiczna. Zastrzeżenia co do czystości sejsmicznej w trakcie badań nie są więc bezpodstawne. Przykładem może być rejestracja uderzeń piłeczki pingpongowej dokonana z odległości 10 m (rys. 3).

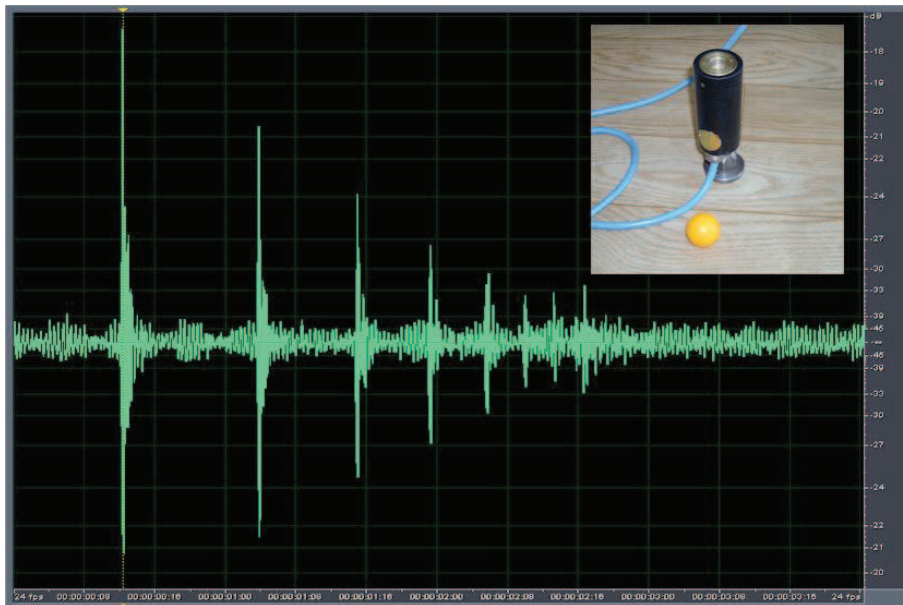
W trybie pracy on-line, gdy mikrokontroler μC odbierze odpowiednią ramkę danych następuje załączenie zasilania bloku analogowego oraz rozpoczęcie pomiaru sygnałów z dwóch geofonów i transmisja po magistrali CAN do modułu MWP. Transmisja sygnałów z geofonów trwa tak długo, aż mikrokontroler μC nie otrzyma ramki danych informującej o zatrzymaniu pomiarów.

The use of an amplifier with digitalny-set variable amplification made it possible to provide proper amplification in the input circuit. On the other hand, the possibility to change the sampling frequency was achieved due to the fact that the output of the PWM module (Pulse-Width Modulation) of the μC microcontroller (made by Microchip) clocked the converters. This way it is possible to change the sampling frequency in the range from 500 Hz to 20 kHz. The frequency of the anti-aliasing filter cut-off is changed simultaneously with the changes of sampling frequency, which is a significant advantage of the applied solution. The configuration parameters of the μC controller are recorded in the internal *Flash* memory.

Before conducting *in situ* tests, it is necessary to test the measurement line. When the μC microcontroller in the MPT module has power supplied by pushing a button, it lights up a green diode, cuts off the power supply of the analogue block and moves to the *idle* mode. Then a short push of the button turns the μC microcontroller on for about 5 seconds, the microcontroller turns on the power supply of the analogue block and starts up continuous measurement from A/D converters. Based on the measured instantaneous values of the signal from the geophone, the microcontroller properly modulates the light of the blue diode. Longer push and then release of the button makes the μC microcontroller cut off power supply and the whole MPT module is turned off. The turn-off can be also done remotely by sending a proper data frame through the transmission bus.

The structure of the MPT module allowed to achieve the dynamics of the measurement line of 110 dB. The signal-to-noise ratio looks similar. The device is so sensitive that it detects not only weak seismic waves in the rock. The moves of people or animals, let alone the work of even the smallest machines, are registered as phenomena above the noise level and can be interpreted as seismic waves. Thus it is not groundless to require seismic silence during the tests. An example of this issue is the registration of table-tennis ball bounces from the distance of 10 m (Fig. 3).

In the on-line working mode, when the μC microcontroller receives a proper data frame, the power supply of the analogue block is turned on and the following begin: the measurement of signals from two geophones and their transmission along the CAN bus to the MWP module. The signals transmission from geophones lasts until the μC microcontroller receives the data frame informing about the measurements stop.



Rys. 3. Rejestracja uderzeń piłeczki pingpongowej z odległości 10 m
 Fig. 3. Registration of table-tennis ball bounces from the distance of 10 m

W trybie pracy blast oraz sum z pre-trigger'em, które z punktu widzenia mikrokontrolera μC wyglądają tak samo, gdy mikrokontroler μC otrzyma odpowiednią ramkę danych z magistrali CAN uruchamia równocześnie dwa przetworniki A/C, które są taktowane z wyjścia PWM mikrokontrolera μC . Od tego momentu mikrokontroler μC zapisuje każdą zmierzoną próbkę przez przetwornik A/D do szybkiej nieulotnej pamięci FRAM (ang. *Ferroelectric RAM*). Gdy pamięć FRAM przepełni się, następuje nadpisywanie poprzednich danych nowymi danymi i trwa to tak długo we wszystkich modułach MPT, aż mikrokontroler μC nie odbierze odpowiedniej ramki danych rozpoczynającej właściwy pomiar (np. wyzwolenie pomiaru wzbudnikiem fali lub przerwaniem pętli prądowej). Od tego momentu mikrokontroler μC przestaje zapisywać do pamięci FRAM, a zaczyna zapisywać zmierzone próbki danych w odpowiednich blokach do pamięci FLASH. Pamięć ta ma o wiele większą pojemność niż pamięć FRAM, lecz niestety, zapis musi być wykonywany w blokach o określonej wielkości, aby nadażyć z zapisem przy próbkowaniu 20 kHz. Liczba zapisanych próbek w pamięci FLASH zdeterminowana jest ustawioną częstotliwością próbkowania oraz ustawionym czasem rejestracji. Uruchomienie pre-trigger'a jest zsynchronizowane we wszystkich modułach MPT z dokładnością do 5 μs , natomiast zastosowanie generatora kwarcowego taktującego mikrokontroler μC o stabilności częstotliwości na poziomie ± 1 ppm (kompensowany termicznie TXCO) zapewnia synchroniczne próbkowanie z częstotliwością 20 kHz we wszystkich modułach MPT przez około 30 minut.

In the blast working mode and the sum mode with the pre-trigger, which from the point of view of the μC microcontroller are the same, when the μC microcontroller receives a proper data frame from the CAN bus, it starts up two A/C converters at the same time. These converters are clocked from the PWM output of the μC microcontroller. From now on the μC microcontroller records each measured sample through the A/D converter in the fast-access non-volatile FRAM (Ferroelectric RAM) memory. When the FRAM memory is full, the new data are written over the old data and this lasts in all MRT modules as long as the μC microcontroller receives a proper data frame initializing the measurement itself (e.g. launching the measurement by means of a wave generator or a current loop cut-off). From this moment the μC microcontroller stops recording the data into the FRAM memory and starts to record the measured data samples in suitable blocks in the FLASH memory. This memory has much more capacity than FRAM, however, the recording has to be done in blocks of certain size so that the recording could catch up with the 20 kHz sampling. The number of samples recorded in the FLASH memory is determined by the set sampling frequency and the set registration time. The pre-trigger start-up is synchronized in all MPT modules with the accuracy of up to 5 μs , while the use of a quartz oscillator which clocks the μC microcontroller with the frequency stability at ± 1 ppm (thermally compensated TXCO) ensures synchronic sampling with the frequency of 20 kHz in all MPT modules for about 30 minutes.

Tryb detekcja działa podobnie jak blast i sum z tą różnicą, że właściwy pomiar wyzwała jeden z modułów MPT, a nie moduł wyzwalający MWP. Moduł który wykryje jako pierwszy falę sejsmiczną wyzwała właściwy pomiar we wszystkich modułach MPT poprzez wysłanie odpowiedniej ramki danych magistralą CAN.

Tak zarejestrowane próbki sygnałów mogą być przetransmitowane z modułów MPT do modułu MWP i dalej do modułu PDA.

5. TRANSMISJA DANYCH POMIAROWYCH

Do prawidłowego działania całego systemu PASAT M potrzebna jest pewna i odporna na zakłócenia transmisja danych. Odporność na zakłócenia zapewnia nam światłowodowa warstwa fizyczna dla magistrali CAN. Zastosowany mikrokontroler μC zapewnia sprzętowe wsparcie magistrali CAN dla warstwy łącza danych (według modelu warstwy ISO/OSI), co zapewnia bezbłędną komunikację charakteryzującą się między innymi: sumą kontrolną, unikaniem kolizji oraz filtracją ramek z danymi na poziomie sprzętowym. W efekcie mikrokontroler μC dostaje gotową, poprawną ramkę danych i nie musi zajmować się liczeniem sumy kontrolnej ani zajmować się dekodowaniem niepotrzebnych dla niego danych. Kolejną zaletą magistrali CAN jest brak jednego nadrzędnego mastera, moduły mogą się dowolnie ze sobą komunikować, co jest zaletą w jednym z trybów pracy PASAT M, jakim jest tryb detekcja.

Połączenie transmisyjne między modułami jest wykonane za pośrednictwem światłowodu POF, który zapewnia przeniesienie pasma 10 Mbit/s na odległość do 30 m. Odcinki kabla między modułami wynoszą 20 m. W pierwszych egzemplarzach aparatury PASAT M koniecznością było spełnienie wymagań norm dla kabli górniczych, co osiągnięto poprzez zastosowanie osłony z węża hydraulicznego. Zgodność z normą została zapewniona, ale wygoda transportu aparatury 24-modułowej była dość problematyczna. Następna wersja – w osłonie jedynie z pieszla stalowego – była już o 3 kg lżejsza. Ale dopiero ostatnia wersja – wyposażona w ultralekki (stosunkowo) kabel światłowodowy, który przeszedł pomyślnie badania dopuszczeniowe do zastosowań górniczych (w osłonie PUR-PE), jest na tyle lekka, że transport aparatury nie stanowi problemu.

The detection mode works similarly to the blast and sum modes, with one difference that the suitable measurement is triggered by one of MPT modules, not the MWP trigger module. The module which is the first to detect a seismic wave triggers a proper measurement in all MPT modules by sending a proper data frame by means of the CAN bus.

Signal samples registered this way can be transmitted from MPT modules to the MWP module and further to the PDA module.

5. MEASUREMENT DATA TRANSMISSION

Reliable and noise-free data transmission is the basic condition for proper operation of the PASAT M system. Resistance to noise is ensured by a light-pipe physical layer of the CAN bus. The applied μC microcontroller is a hardware-type support of the CAN bus for the data connection layer (according to the ISO/OSI layer model). This ensures error-free communication which is characterized by the check total, collision avoidance and data frames filtering at the hardware level. As a result of that the μC microcontroller gets a ready, proper data frame and is preoccupied neither with calculating the check nor with decoding the data it does not need. Another advantage of the CAN bus is the lack of one master module, the modules can communicate freely with one another which is beneficial for the detection mode of the PASAT M system.

The transmission connection between modules is done through the POF light pipe which ensures the band transmission at 10 Mbit/s to the distance of 30 m. The cable sections between modules are 20 m long. In the first PASAT M devices it was necessary to comply with the standards for mining cables. The compliance was achieved due to the application of a hydraulic-hose shield, however the transport of a 24-module apparatus became a difficult task. The next version which used a steel flexible-hose shield was 3 kg lighter. The latest version is equipped with a light pipe in a PUR-PE-shield (with relatively small weight) which successfully passed acceptance tests for mining applications. Thanks to this solution the transport of the apparatus ceased to be a problem.

6. ZASILANIE APARATURY

Aparatura PASAT M jest zasilana z iskrobezpiecznej baterii akumulatorów IRIS-BATT/U. Pomimo tego, że w modułach starano się zastosować elementy o małym poborze mocy – wynikł problem kompromisu: oszczędność energii, względnie wydajność urządzenia. Założeniem konstrukcyjnym było osiągnięcie czasu pracy modułu rzędu 4 godzin. Jednak i pomiar, i transmisja miały swoje wymagania i kompromis stawał się problemem zasadniczym.

Aby maksymalnie wydłużyć czas działania systemu mikrokontrolera μC , zaaplikowano możliwość sterowania zasilaniem części analogowej oraz możliwość przechodzenia w tryb spoczynku idle a także w tryb uśpienia sleep. Gdy moduł MPT nie wykonuje aktualnie żadnych funkcji wyłącza zasilanie bloku analogowego oraz przechodzi w tryb idle, czyli wstrzymuje wykonywanie rozkazów. Następnie, po dłuższej bezczynności procesor przechodzi w tryb uśpienia, w którym wszystkie układy peryferyjne mikrokontrolera μC są wyłączane, a działa tylko wejście zewnętrznego przerwania. Gdy tylko na magistrali CAN pojawi się jakikolwiek bit transmisji powoduje to wybudzenie mikrokontrolera μC oraz odebranie i zdekodowanie ramki transmisyjnej.

Zaletą trybu idle jest to, że układ kontrolera CAN działa poprawnie i wybudza mikrokontroler μC tylko wtedy, jeśli odbierze ramkę danych przeznaczoną dla siebie, czyli na przykład podczas pobierania danych pomiarowych z jednego modułu MPT pozostałe pozostają cały czas w trybie Idle. W ten sposób 4 godziny pracy zostały zapewnione. Możliwa jest także bieżąca kontrola stanu naładowania akumulatorów. Po odebraniu odpowiedniej ramki danych mikrokontroler μC za pomocą wbudowanego przetwornika A/D mierzy poziom napięcia na swoim akumulatorze i wysyła pomiar do modułu MWP.

7. OBRÓBKA DANYCH

Dane z modułu MWP są transmitowane do iskrobezpiecznego modułu PDA za pomocą interfejsu Bluetooth. Tutaj możliwe jest zgromadzenie danych z sesji pomiarowej, ich podgląd i klasyfikacja jako użyteczne bądź wymagające powtórzenia próby. Moduł PDA służy również do konfigurowania parametrów pracy modułów pomiarowych MPT. Możliwe jest ustawienie (rys. 4) między innymi:

- częstotliwości próbkowania,
- czasu próbkowania,
- wzmocnienia kanału pomiarowego,
- ustawienie MAC ADRES'u modułu MWP.

6. POWER SUPPLY OF THE APPARATUS

The PASAT M apparatus is supplied from an intrinsically safe IRIS-BATT/U battery. Though there were efforts to apply elements with low power consumption, the problem emerged whether to save energy or to have an efficient device. The developers' assumption was to have the module working for four hours. However, both the measurements and the transmission have their requirements and it was necessary to arrive at a compromise in this matter.

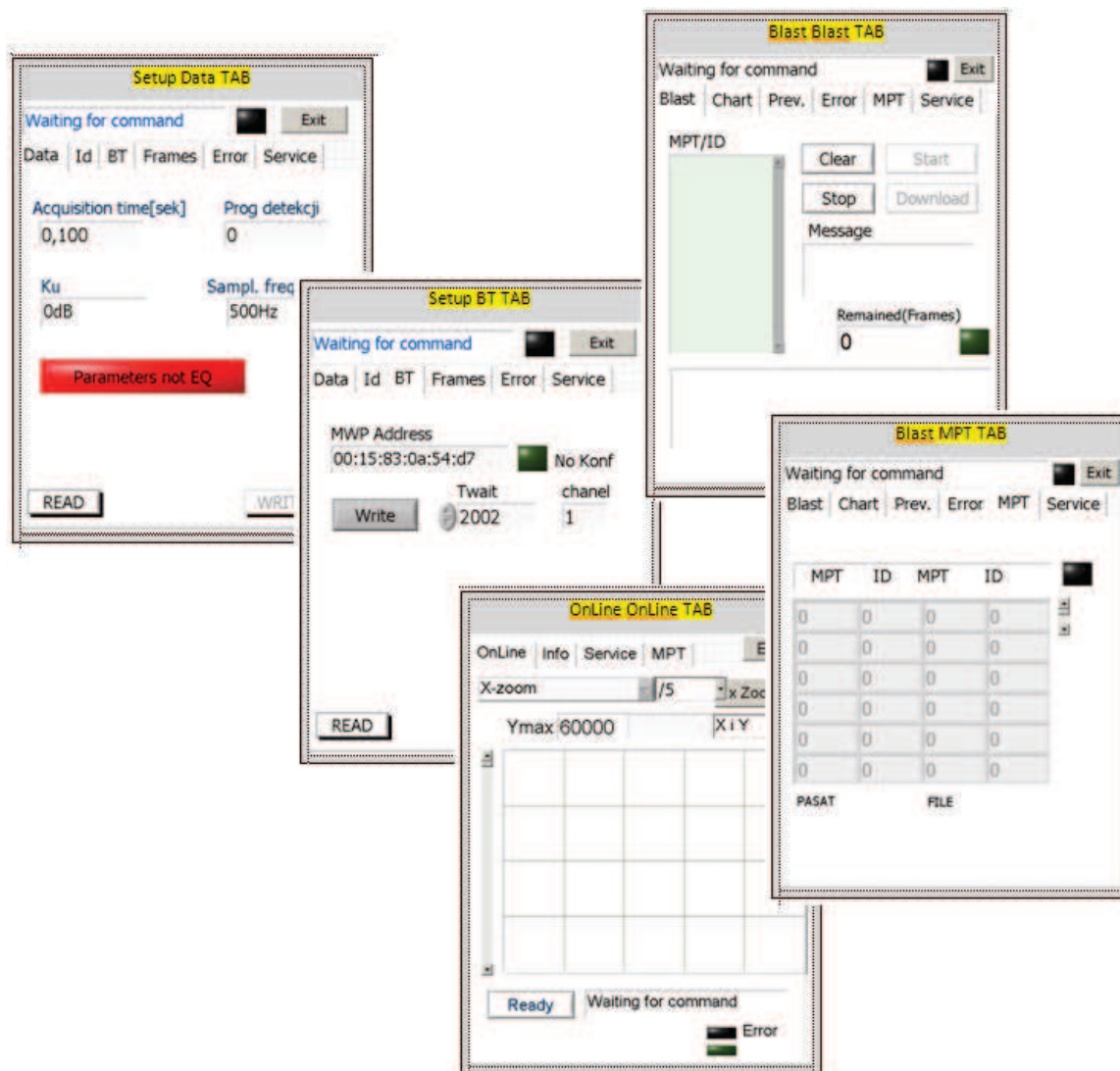
In order to have the maximum longest time of the μC microcontroller operation, the system has a possibility to control the power supply of the analogue part and a possibility to go to the idle mode or the sleep mode. When the MPT module does not perform any functions, it turns off the power supply of the analogue block and goes to the idle mode, i.e. stops to execute orders. Then, after a relatively long period of idleness, the processor goes to the sleep mode in which all peripherals of the μC microcontroller are off with the exception of the external interrupt input. As soon as there is a single bit of transmission on the CAN bus, the μC microcontroller re-starts, collects and decodes a transmission frame.

The advantage of the idle mode is the fact that the system of the CAN controller works properly and "wakes up" the μC microcontroller only when it receives a data frame which was sent exclusively to it, for example while collecting measurement data from one MPT module when other modules remain in the idle mode. This way four hours of the system operation were ensured. It is also possible to monitor the batteries state on the fly. After receiving a proper data frame, the μC microcontroller measures the voltage level on its battery by means of the embedded A/D converter and sends the measurement results to the MWP module.

7. DATA PROCESSING

The data from the MWP module are transmitted to the PDA intrinsically safe module by means of a Bluetooth interface. Here it is possible to store data from the measuring session, to view them and classify either as useful or those which need a repeated test. The PDA module is also used to configure the operation parameters of MPT measurement modules. The following can be set, among others (Fig. 4):

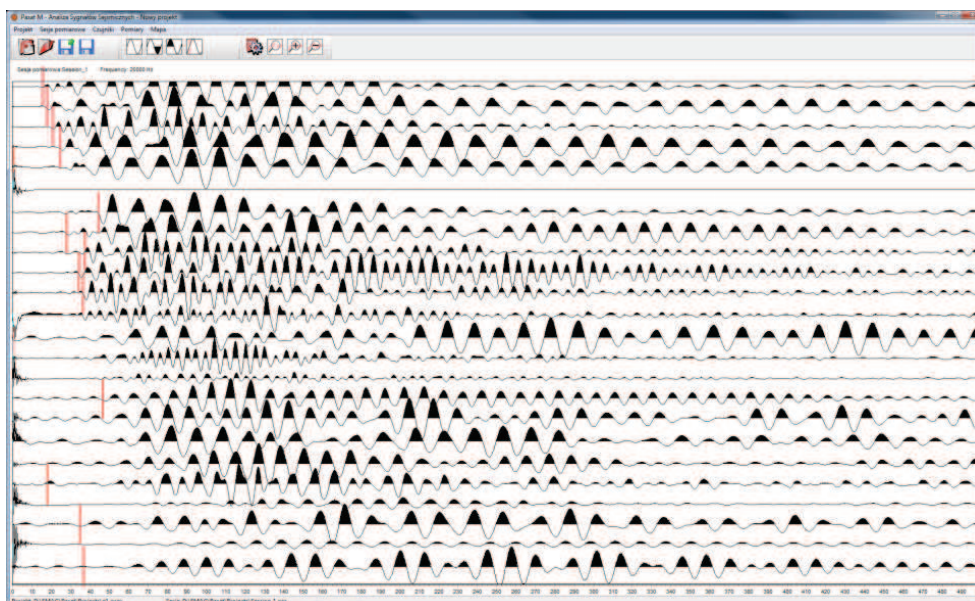
- sampling frequency,
- sampling time,
- measuring channel amplification,
- defining the MAC ADDRESS of the MWP module.



Rys. 4. Przykładowe okna interfejsu PASAT-PDA
 Fig. 4. Sample windows of the PASAT-PDA interface

W dalszej kolejności dane przekazywane są do komputera PC, gdzie moduł PDA powinien łączyć się za pomocą interfejsu USB. Ponieważ ta wersja modułu PDA (w wykonaniu iskrobezpiecznym) nie może skorzystać z tej formy komunikacji – takie są uwarunkowania użytkownika wg normy ATEX – pozostaje bezprzewodowy interfejs Bluetooth. Nie byłoby problemu przy transmisji pojedynczego pliku. Jednak dane w module PDA są gromadzone w poszczególnych katalogach, a polityka bezpieczeństwa firmy Microsoft skutecznie zapobiega transmitowaniu całych katalogów za pośrednictwem jej standardowych sterowników Bluetooth (chyba, że ktoś posiada na płycie głównej moduł Bluetooth-Connexant). Stąd dodatkowym wyposażeniem aparatury PASAT M jest oprogramowanie Bluesoleil, które skutecznie omija „bardzo bezpieczne” sterowniki Microsoft. Dzięki temu cała zawartość sesji po kliku sekundach znajduje się w komputerze.

Then the data are transferred to a PC computer where the PDA module should be connected by means of a USB interface. As this (intrinsically safe) version of the PDA module cannot use this form of communication – such terms are stipulated by the ATEX standard – what remains is a wireless Bluetooth interface. There are no problems when a single file is transmitted. However, the data in the PDA module are stored in particular folders and the security policy of Microsoft efficiently prevents the transmission of whole folders through its standard Bluetooth controllers (unless there is a Bluetooth-Connexant module on the main board). Therefore the PASAT M apparatus is equipped with the Bluesoleil software which successfully gets around “very secure” Microsoft controllers. Thanks to this solution the whole contents of the session is in the computer in a few seconds.



Rys. 5. Okno oprogramowania przetwarzającego wraz ze znacznikami wejścia fali
 Fig. 5. The window of the processing software with the wave input tags

Kolejnym dodatkowym elementem aparatury jest oprogramowanie przetwarzające PC, które umożliwia podgląd sesji pomiarowej. Co najważniejsze, pomaga to wyznaczyć tak zwane „wejście fali” (rys. 5), czyli początek docierającej do odbiornika fali zainicjowanej wybuchem bądź wzbudnikiem oraz eksport do programu kreślącego mapy (firm trzecich).

Another extra element of the apparatus is the PC processing software which enables to view the measurement session. More importantly, it helps to determine the so called “wave input” (Fig. 5), i.e. the beginning of the wave getting to the receiver, initialized by an explosion or a generator, and allows export to a map drawing program (from a different producer).

8. PODSUMOWANIE

Można na podsumowanie zadać sobie parę pytań:

- Dlaczego produkować taką aparaturę?
 Gdyż jest to jedna z niewielu wykonywanych na świecie iskrobezpiecznych aparatów przenośnych i jest konkurencyjna cenowo wobec oferty DMT.
- Dlaczego nie jest to kompletny system bezprzewodowy?
 Gdyż w przypadku systemu bezprzewodowego istnieje brak pewności synchronizacji wyzwalania wszystkich modułów, w naszym przypadku próbki utrzymują synchronizację nie tylko podczas wyzwalania, ale również w czasie rejestracji.
- Dlaczego nie zintegrowaliśmy modułów MWP i MPT z bateriami, geofonami?
 Gdyż obsługa i transport jest wygodniejszy oraz tańszy serwis. Istnieje możliwość wymiany pojedynczej baterii, sondy niż kompletnego droższego zintegrowanego modułu.

8. CONCLUSIONS

The following questions can be asked to sum up the issue:

- Why should such apparatus be produced?
 Because PASAT M is one of very few intrinsically safe mobile apparatuses in the world and its price is competitive when compared with DMT's offer.
- Why is it not a complete wireless system?
 Because in the case of a wireless system one cannot be sure about synchronized triggering of all modules. In the case of PASAT M the samples are synchronized not only during the triggering phase but also during registration.
- Why are not MWP and MPT modules integrated with batteries and geophones?
 Because maintenance and transport are easier and servicing is cheaper. It is possible to replace a single battery or probe than a complete, more expensive and integrated module.

Aparatura posiada wszelkie niezbędne certyfikaty ATEX dla wszystkich jej modułów:

The apparatus has all indispensable ATEX certificates for its all modules:

Bateria Iskrobezpieczna IRIS-BATT/U	IRIS-BATT/U intrinsically safe battery	OBAC 06 ATEX 507U
Moduł Pomiarowo – Transmisyjny MPT	MPT measurement and transmission module	OBAC 08 ATEX 362X
Moduł Wyzwalania Pomiarów MWP	MWP measurement trigger module	OBAC 08 ATEX 363X
Łącznik Światłowodowy LS2	LS2 light pipe connector	OBAC 08 ATEX 364X
Sonda Geofonowa typu SG3/xx	SG3/xx geophone probe	OBAC 08 ATEX 365X
Moduł Wyzwalania Pomiarów – Wzbudnik Fali MWP-WF	Measurement trigger module –MWP-WF wave generator	OBAC 08 ATEX 516X

Istnieją jeszcze inne dokumenty, które nie są obowiązkowe, ale ważne, szczególnie dla konstruktorów aparatury.

Nie bez znaczenia jest też opinia na temat aparatury PASAT M wyrażona przez różne gremia specjalistów, które przyznały:

- Złoty Medal na targach INPEX – Monroeville k. Pittsburgha, Pensylwania,
- Złoty Medal na Międzynarodowych Targach Wynalazczości „Concours-Lepine”, Paryż, Francja
- Srebrny Medal podczas Międzynarodowych Targów Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik „Brussels Innova”, Bruksela, Belgia
- Nagrodę Główną w konkursie „Innowacyjne rozwiązania w budowie maszyn i urządzeń górniczych”, Katowice, Polska.

Pozostaje jeszcze aspekt zaznaczony na początku referatu – pośrednia możliwość zapobieżenia wypadkom, czyli nieszczęściu i tragedii. Twórcy aparatury mają nadzieję, że jej stosowanie pozwoli na uniknięcie zdarzeń niebezpiecznych i wypadkowych.

There are other documents too. They are not obligatory but important, particularly to the apparatus developers.

It is also important to note several opinions on the PASAT M apparatus by different specialists who decided about the following awards:

- Gold Medal at the INPEX fair in Monroeville near Pittsburgh, Pennsylvania, USA,
- Gold Medal at the International Inventions Fair “Consours-Lepine” in Paris, France,
- Silver Medal at the International Fair of Invention, Research and New Technologies “Brussels Innova”, Brussels, Belgium,
- Main award in the competition “Innovative solutions in the construction of mining machines and devices”, Katowice, Poland.

Finally, there is one aspect mentioned at the beginning of the article – an indirect possibility to prevent accidents, i.e. to prevent misfortunes and tragedies. The developers of the apparatus hope that its application will allow to avoid dangerous events and accidents.

Literatura

1. *Oset K.*: Przenośna iskrobezpieczna aparatura PASAT M – Dokumentacja techniczno-ruchowa, instrukcja obsługi. EMAG, wrzesień 2009, niepublikowana.
2. *Oset K., Mazik P., Michalak M., Sikora M., Chmielarz S.*: Oprogramowanie analizy danych z aparatury PASAT M. Dokumentacja EMAG, grudzień 2009, niepublikowane.
3. *Oset K., Chmielarz S., Augustyniak A., Makola R.*: Przenośna iskrobezpieczna aparatura sejsmiczna PASAT M z bezprzewodowym interfejsem”. Dokumentacja EMAG, grudzień 2009, niepublikowane.
4. *Plak M.*: Sejsmiczne badania własności górotworu dla oceny stanu naprężeń i zagrożenia tapaniami. Materiały szkoleniowe dla Instytutu Tiandi & Co, Beijing, China, Maj 2010, niepublikowane.
5. *Trenczek S., Wojtas P.*: Możliwości wykrywania zbiorników metanu w polu eksploatacyjnym ściany. Materiały (wersja elektroniczna) Konferencji Naukowej „Górnictwo Zrównoważonego Rozwoju 2009”, Gliwice, 25 listopada 2009.
6. *Trenczek S.*: Wykorzystanie efektów detonacji materiału wybuchowego w górotworze do oceny zagrożenia tapaniami. Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko Nr 4/2/2009, Katowice 2009, s. 339-343.

Recenzent: dr inż. Stanisław Trenczek

References

1. *Oset K.*: PASAT M mobile intrinsically safe apparatus – operation and maintenance manual, operating instruction. EMAG, September 2009, not published.
2. *Oset K., Mazik P., Michalak M., Sikora M., Chmielarz S.*: PASAT M data analysis software. EMAG’s documentation, December 2009, not published.
3. *Oset K., Chmielarz S., Augustyniak A., Makola R.*: PASAT M mobile intrinsically safe apparatus with a wireless interface. EMAG’s documentation, December 2009, not published.
4. *Plak M.*: Seismic tests of the rock mass to assess the state of stresses and rock-burst hazards. Training Materials for Tiandi & Co, Beijing, China, May 2010, not published.
5. *Trenczek S., Wojtas P.*: Possibilities to detect methane tanks in the panel of a longwall face. Materials (electronic version) for the conference „Górnictwo Zrównoważonego Rozwoju 2009”, Gliwice, 25 November 2009.
6. *Trenczek S.*: The use of explosive material detonation effects in the rock mass for the assessment of rock-burst hazards. Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko No 4/2/2009, Katowice 2009, pp. 339-343.

НОВОЕ РЕШЕНИЕ В ОБЛАСТИ МОБИЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ - PASAT M

В статье представлен генезис образования инновационной конструкции переносной сейсмической аппаратуры PASAT M. Представлено ее применение при сейсмических измерениях, предоставляющих возможность интерпретации результатов в области опасности горных ударов, как и метановой опасности - воспламенения, взрыва метана. Охарактеризованы параметры аппаратуры, акцентируя ее функциональность