

Jan WINZER, Roman BIESSIKIRSKI

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Kraków

Roboty strzałowe a ochrona otoczenia – dokumentowanie oddziaływania w kopalniach odkrywkowych

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę pracy systemów monitorujących oddziaływanie robót strzałowych na otoczenie kopalń odkrywkowych. Doświadczenia wynikające z kilkuletniej pracy systemów pozwalają na wypuklenie korzyści jak również na wskazanie ich niedociągnięć, które stanowiły podstawę do wprowadzenia zmian konstrukcyjnych i programowych.

1. Wprowadzenie

Postępująca prywatyzacja oraz urynkowanie kopalń odkrywkowych w naszym kraju, stwarza konieczność innego spojrzenia na roboty górnicze, a na roboty strzałowe w szczególności.

Elementami widocznych zmian w robotach strzałowych są, coraz lepiej dostosowywane do potrzeb użytkownika, materiały wybuchowe inicjowane systemami nonelektrycznymi oraz szybko rozwijający się rynek usług świadczonych przez firmy specjalistyczne. Firmy te wyposażone są w sprzęt wykorzystujący nowoczesne technologie produkcji i załadunku MW do otworów strzałowych. Jest rzeczą naturalną, że podstawowym warunkiem efektywnego wykorzystania takiego sprzętu jest ilość świadczonych usług (masa sprzedanego MW) przy jak najmniejszym udziale kosztów związanych, przykładowo z transportem. Dlatego też można zaobserwować dążenie do zmniejszania częstotliwości robót strzałowych, czyli odpalania dużych serii ładunków MW, zarówno pod względem liczby otworów strzałowych jak i masy użytego MW do jednorazowego odpalania.

Wskazane powyżej tendencje zwiększają zagrożenie szkodliwego oddziaływania robót strzałowych na obiekty w otoczeniu. Dlatego też kopalnie odkrywkowe, na których spoczywa odpowiedzialność za wpływ prowadzonej eksploatacji w otoczeniu, coraz częściej sięgają po okresową lub stałą kontrolę poziomu tego oddziaływania. Również firmy świadczące usługi strzałowe stopniowo przekonują się do tego typu działań.

2. Roboty strzałowe w odkrywkowych zakładach górniczych

Urabianie surowców skalnych w polskich kopalniach odkrywkowych odbywa się za pomocą materiałów wybuchowych. Rocznie zużywa się od 9 do 10 tys. ton materiałów wybuchowych, prawie 700 tys. sztuk zapalników i ponad 300 tys. metrów lontu detonującego.

Znacząca rola robót strzałowych w przemyśle wydobywczym, potwierdza potrzebę dostosowania ich do istniejących w przedsiębiorstwie warunków technicznych i ekonomicznych.

Optymalne warunki prowadzonych robót strzałowych to (Biessikirski i Winzer 2004):

- właściwie dobrany, do możliwości technicznych i organizacyjnych przedsiębiorstwa, system ich prowadzenia,
- używanie, przez przedsiębiorcę, bezpiecznych i dobrych jakościowo materiałów wybuchowych oraz środków inicjujących,
- podejmowanie działalności profilaktycznej, mającej na celu ograniczenie negatywnego oddziaływania prowadzonych robót na otoczenie kopalń.

Można wyróżnić dwa podstawowe systemy prowadzenia robót strzałowych: wewnętrzny i zewnętrzny.

W systemie wewnętrznym (własnym) przedsiębiorca wykonuje roboty wiertniczo-strzałowe własną załogą i środkami będącymi w posiadaniu zakładu. System ten funkcjonuje w wielu kopalniach odkrywkowych, nie zawsze mając racjonalne uzasadnienie.

System zewnętrzny (zlecony) charakteryzuje się tym, że część lub całość robót wiertniczo-strzałowych, zlecana jest przez przedsiębiorcę podmiotowi zewnętrznemu – firmie specjalistycznej.

Zlecone usługi mogą obejmować:

- wykonawstwo robót wiertniczych,
- dostawę środków strzałowych,
- kompleksową obsługę robót strzałowych,
- kompleksową obsługę robót wiertniczo-strzałowych.

W systemie zleconym możliwe są również rozwiązania pośrednie dostosowywane do potrzeb zlecniodawcy. Wymaga to od firm posiadania uniwersalnej, wykwalifikowanej ekipy wiertniczo-strzałowej oraz zaplecza wyposażonego w nowoczesny mobilny sprzęt specjalistyczny i urządzenia.

Przykładowo w ramach kompleksowych usług wiertniczo-strzałowych firmy specjalistyczne mogą zaoferować:

- projektowanie, wykonywanie robót wiertniczych i strzałowych wraz z optymalizacją geometrycznych i technicznych parametrów urabiania,
- zastosowanie nowoczesnych, bezpiecznych i ekologicznych materiałów wybuchowych (ANFO i MWE), często sporządzanych na miejscu i mechanicznie ładowanych do otworów strzałowych,
- inicjowanie ładunków nieelektrycznymi systemami,
- zastosowanie programów komputerowych do opracowania i dokumentowania efektów robót strzałowych wraz z monitorowaniem ich oddziaływania na otoczenie.

3. Dokumentowanie oddziaływania robót strzałowych na otoczenie

Prawo ochrony środowiska oraz *Prawo geologiczne i górnicze* nakładają na zakład wydobywający kopalinę obowiązek ochrony otoczenia kopalni przed skutkami prowadzonej eksploatacji. Dotyczy to również negatywnego wpływu drgań wzbudzanych robotami strzałowymi na obiekty budowlane.

Ważnym elementem działań profilaktycznych jest analiza poziomu rejestrowanych drgań pod kątem skutków oddziaływania na obiekty chronione, jak również przyczyn wynikających

z prowadzonych robót strzałowych. Dopiero całościowe ujęcie zagadnienia *przyczyna – skutek* zapewni przyjęcie właściwej profilaktyki.

Prowadzona działalność profilaktyczna w tym zakresie powinna obejmować:

- zinwentaryzowanie stanu technicznego obiektów,
- rozpoznanie kierunków propagacji drgań i stopnia ich intensywności w otoczeniu wyrobiska górniczego, na podstawie których wyznacza się zasięg szkodliwego oddziaływania drgań,
- prowadzenie cyklicznych pomiarów kontrolnych,
- w szczególnych przypadkach monitorowanie drgań zagrożonego obiektu.

Dwa ostatnie, z powyższych punktów, są niejednokrotnie wymieniane przez rzeczoznawców jako zalecane do realizacji, a w ostatnim okresie czasu również przez organy udzielające koncesji jako warunkujące jej uzyskanie. Są to działania wynikające z *Prawa ochrony środowiska* (Prawo 2001) i znajdujące zastosowanie w stosunku do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Rozporządzenie 2002), a do takich należy zaliczyć większość kopalń wydobywających kopalinę z zastosowaniem MW.

Wybór metod prowadzenia działalności profilaktycznej kopalń w zakresie minimalizowania szkodliwego oddziaływania robót strzałowych powinien być uwarunkowany (Onderka i in. 2002):

- stopniem zagrożenia obiektów znajdujących się w otoczeniu, ich liczbą i przeznaczeniem (obiekty przemysłowe, budownictwo mieszkaniowe i gospodarcze, obiekty zabytkowe),
- częstotliwością wykonywania robót strzałowych,
- sposobem prowadzenia robót strzałowych.

4. Pomiary kontrolne intensywności drgań w otoczeniu robót strzałowych

Celem tych badań jest kontrola poziomu intensywności drgań i zgodność z wyprowadzonymi wcześniej zależnościami (równanie propagacji drgań).

Badania kontrolne intensywności drgań mają na celu wykazanie czy:

- wyprowadzone wcześniej zależności są zachowane, a więc czy roboty strzałowe były wykonywane z zachowaniem ładunków dopuszczalnych,
- intensywność drgań nie przekracza poziomu prognozowanego, wynikającego z zastosowanych parametrów robót strzałowych i odległości od obiektów chronionych,
- wzbudzone drgania nie wpływają szkodliwie na obiekty w otoczeniu (pomiar drgań na konstrukcji obiektu).

Analizę taką można przeprowadzić przy zastosowaniu następujących parametrów ρ :

$$\rho_{dop} = \left(\frac{u_{dop}}{K} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (4.1)$$

$$\rho_r = \frac{Q^n}{r} \quad (4.2)$$

$$\rho_k = \left(\frac{u_{zy}}{K} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (4.3)$$

gdzie:

- ρ_{dop} – wartość dopuszczalna (graniczna) wyznaczona na podstawie badań propagacji drgań i służąca do wyliczania dopuszczalnych ładunków MW,
- ρ_r – wartość wyznaczona na podstawie parametrów robót strzałowych (np. ładunek MW – Q_c) i odległości punktu pomiarowego od miejsca strzelania. Wartość tego wyznacznika powinna być mniejsza od ρ_{dop} , jeżeli strzelanie zostało przeprowadzone zgodnie z wyznaczonymi ładunkami MW,
- ρ_k – wartość wyznaczona z zależności (4.3) przez zastosowanie parametrów równania propagacyjnego oraz zmierzonej prędkości drgań. Wartość tego wyznacznika powinna być mniejsza od ρ_r i w konsekwencji również od ρ_{dop} , jeżeli wystąpiła zgodność z wprowadzonymi zależnościami.
- n – wykładnik potęgowy przyjmowany w zakresie $1/3-2/3$,
- Q – zastosowany ładunek MW Q_c lub Q_z ,
- r – odległość punktu pomiarowego od miejsca wykonywania robót,
- u_{dop} – prędkość drgań uznana za dopuszczalną dla podłoża pod chronionymi obiektami,
- u_{zy} – prędkość drgań zarejestrowana w czasie pomiarów kontrolnych,
- K – współczynnik równania propagacji drgań wyznaczony w trakcie badań podstawowych (bazowy),
- β – wykładnik potęgowy wyznaczony w trakcie badań podstawowych.

W efekcie współzależność wyznaczników ρ można przedstawić w postaci nierówności (4.4) i (4.5) oraz graficznie jak na rysunku 4.1.

$$\rho_{dop} \geq \rho_r \geq \rho_k \quad (4.4)$$

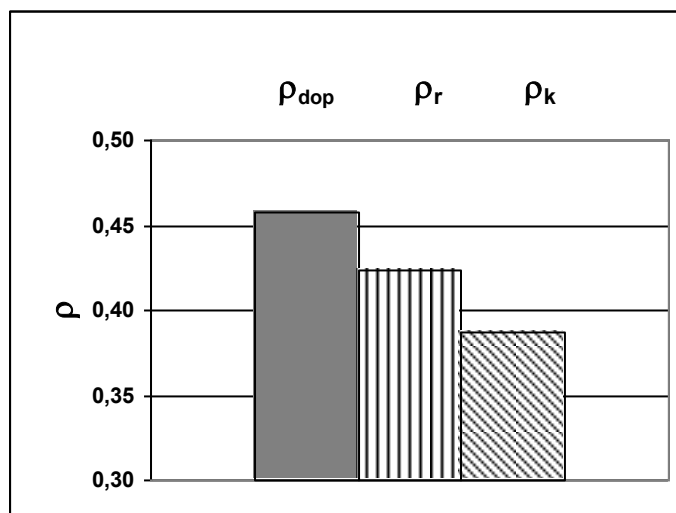
czyli:

$$\left(\frac{u_{dop}}{K} \right)^{\frac{1}{\beta}} \geq \frac{Q^n}{r} \geq \left(\frac{u_{zy}}{K} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (4.5)$$

Możliwe jest zaistnienie następujących wariantów i wynikających stąd wniosków:

1. $\rho_{dop} \geq \rho_r$
Nie zostały przekroczone dopuszczalne ładunki do strzelania.
2. $\rho_{dop} < \rho_r$
Zostały przekroczone dopuszczalne ładunki do strzelania albo stanowisko pomiarowe zostało zlokalizowane wewnątrz strefy oddziaływania parasejsmicznego i dlatego dopuszczalne ładunki zostały pozornie przekroczone. Często zarówno w czasie pomiarów podstawowych jak i kontrolnych stanowiska pomiarowe lokalizuje się w obrębie strefy chronionej dla uzyskania dodatkowych informacji o propagacji drgań przy zbliżaniu się frontów roboczych. W takim przypadku nie można wnioskować o przekroczeniu ładunków dopuszczalnych.

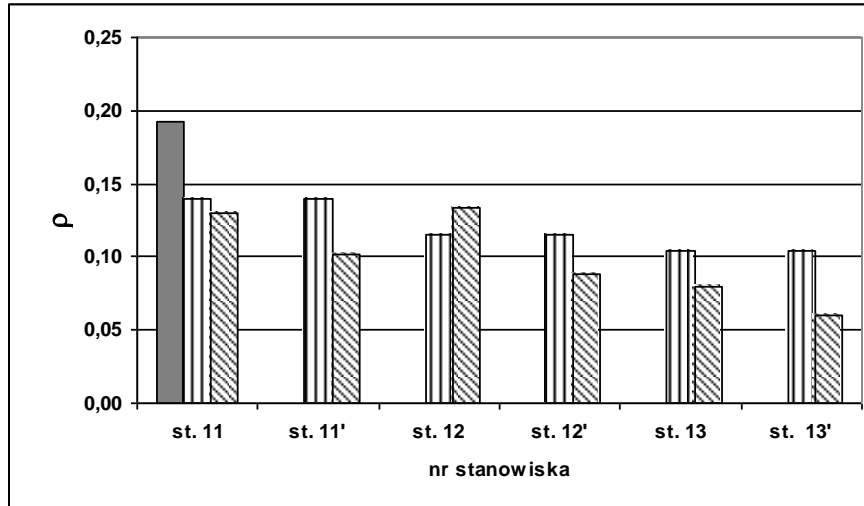
3. $\rho_r \geq \rho_k$
Zmierzona intensywność drgań nie przekracza poziomu prognozowanego, niezależnie od tego, gdzie zostało zlokalizowane stanowisko pomiarowe nierówność powinna być zachowana,.
4. $\rho_r < \rho_k$
Intensywność drgań jest wyższa od prognozowanej.



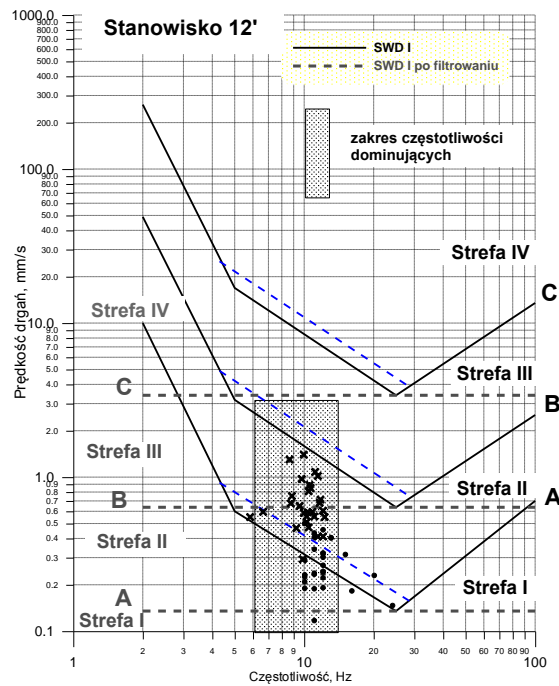
Rys. 4.1. Graficzna analiza wyników badań kontrolnych
Fig. 4.1. Graphic analysis of control testing results

W jednej z kopalń wapienia warunkiem uzyskania koncesji było podjęcie przez przedsiębiorcę monitorowania oddziaływania robót strzałowych na zabudowania w otoczeniu. Rozpatrując różne warianty, kierownictwo kopalni zdecydowało się na prowadzenie cyklicznych pomiarów kontrolnych przez firmę zewnętrzną (uprawnionego rzeczoznawcy Prezesa WUG). W każdym kwartale prowadzone są pomiary drgań fundamentów najbliższych zlokalizowanych obiektów chronionych oraz podłoża gruntowego w ich pobliżu. Tak przyjęty tok postępowania pozwala na wykonanie pełnej procedury badań, czyli kontrolę intensywności drgań podłoża, ocenę zgodności z równaniem propagacji oraz ocenę wpływu drgań na obiekty chronione. W roku 2005 wykonano 12 sesji pomiarowych (jednocześnie trzy stanowiska gruntowe i trzy na fundamentach budynków).

Przykładowo analizę wyników badań kontrolnych przedstawiono graficznie na rysunku 4.2, gdzie zestawiono wielkości parametrów ρ dla poszczególnych stanowisk pomiarowych, oraz na rysunku 4.3 ilustrującym ocenę oddziaływania drgań na jeden z obiektów chronionych.



Rys. 4.2. Przykładowa ocena poziomu intensywności drgań
 Fig. 4.2. The example of the estimation of the vibrations intensity level

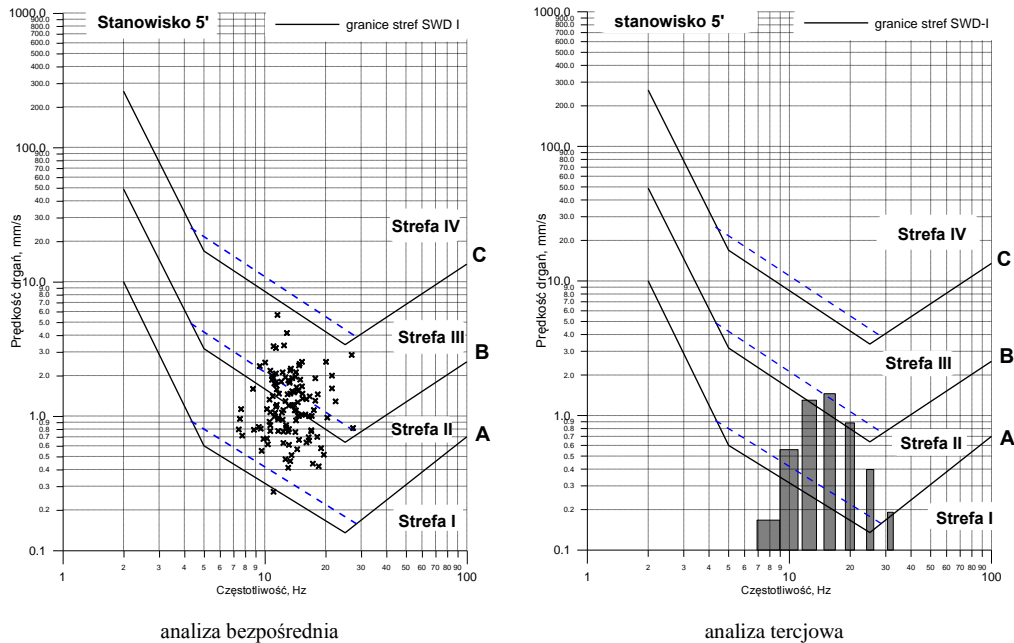


Rys. 4.3. Ocena oddziaływania drgań na obiekt chroniony
 Fig. 4.3. The estimation of vibrations impact on the protected object

Dodać należy, że procedura badań kontrolnych została opracowana w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego AGH (Laboratorium Robót Strzałowych i Ochrony Środowiska).

Pomiary kontrolne znalazły również zastosowanie w przypadku konieczności bezpiecznego przejścia frontu eksploatacyjnego w bliskiej odległości od zabudowań mieszkalnych. W przypadku kopalni dolomitu, gdzie racjonalne wykorzystanie zasobów (udostępnienie niższych poziomów), wymagało zbliżenia się robót strzałowych na odległości rzędu 200–250 m do zabudowań, zastosowano pomiary kontrolne do systematycznego zbierania danych o propagacji drgań i dokonywania bieżącej oceny wpływu na najbliższe położone obiekty. Taka forma działania pozwoliła również na bieżące korygowanie parametrów robót strzałowych z wykorzystaniem możliwych do zastosowania nowych technik prowadzenia robót strzałowych.

W okresie 6 lat prowadzenia robót w bliskiej strefie wykonano 74 pomiary oddziaływania robót strzałowych na otoczenie (dwa stanowiska na fundamentach i dwa na gruncie). Na rysunku 4.4 przedstawiono ocenę wpływu robót strzałowych na jeden z obiektów chronionych – 74 pomiary dla dwóch składowych poziomych.



Rys. 4.4. Ocena wpływu drgań wzbudzanych robotami strzałowymi prowadzonymi w okresie 6 lat
 Fig. 4.4. The estimation of vibrations impact caused by blasting works running in a 6-year period

Do zalet pomiarów kontrolnych należy zaliczyć przede wszystkim:

- wykonywanie pomiarów drgań zarówno podłoża jak i obiektów chronionych,
- kontrola zmierzonej intensywności drgań z wynikającą z równania propagacji (weryfikacja prognozy),
- pomiary, analizy i oceny prowadzone przez firmę specjalistyczną.

Zasadniczą wadą tego rozwiązania jest przede wszystkim okresowość, a nawet sporadyczność prowadzenia kontroli. Nie można wykluczyć opcji wykonywania robót strzałowych

specjalnie pod prowadzone w tym czasie pomiary, co niejednokrotnie stanowi zarzut w sprawach spornych o odszkodowania. Doświadczenia praktyczne skłaniają jednak do stwierdzenia, że jeżeli takie działania zdarzają się, to stanowi to bez wątpienia margines.

5. Monitorowanie oddziaływania drgań na obiekty w otoczeniu

Pod pojęciem monitoringu należy rozumieć ciągły pomiar drgań przez aparaturę samo włączającą się i archiwizującą wyniki pomiarów. Tego typu działalność może być z powodzeniem wykonywana przez służby własne zakładu górniczego. Oczywiście zainstalowanie aparatury pomiarowej na każdym obiekcie chronionym jest nierealne, ale już nawet w jednym lub kilku punktach jest celowe i uzasadnione. Bardzo istotnym elementem takich pomiarów kontrolnych jest stała obecność aparatury pomiarowej w konkretnym obiekcie oraz bezobsługowe wykonywanie pomiarów. Aparatura pracuje w sposób ciągły rejestrując datę i czas zachodzących zdarzeń z jednoczesną ich archiwizacją.

Przykładem monitorowania drgań wzbudzanych robotami strzałowymi jest jedna z kopalń dolomitu, w której zastosowano aparaturę Explo 504 (rys. 5.1). Przy współpracy z jednostką badawczą, od 1999 roku prowadzona jest kontrola intensywności drgań w budynkach. Aparatura pomiarowa pracuje w jednym obiekcie od trzech do sześciu miesięcy w zależności od poziomu oddziaływania.



Rys. 5.1. Explo 504 – widok ogólny
Fig. 5.1. Explo 504 – general view

Urządzenie umożliwia bieżącą kontrolę wyników pomiarów przez bezpośredni odczyt z wyświetlacza wartości maksymalnych i korygowanych zgodnie z normą PN-85/B-02170 oraz transmisję danych w postaci pełnych przebiegów czasowych dla umożliwienia dokładnej analizy. Ocenę oddziaływania robót strzałowych na obiekty chronione wykonuje jednostka specjalistyczna, opracowując sprawozdania i opinie po zakończeniu monitoringu w danym obiekcie. W okresie sześcioletniej pracy Explo 504 wykonano 461 pomiarów, które poddano analizie oceniając oddziaływanie robót strzałowych dla 21 obiektów budowlanych (tabela 5.1).

W tym czasie w kopalni odpalono 1202 serie długich otworów, co oznacza, że prawie 40% wstrząsów wzbudzonych robotami strzałowymi zostało zarejestrowanych i poddanych ocenie.

Zestawienie ilości odstrzałów i pomiarów w poszczególnych latach

Tabela 5.1.

Table 5.1.

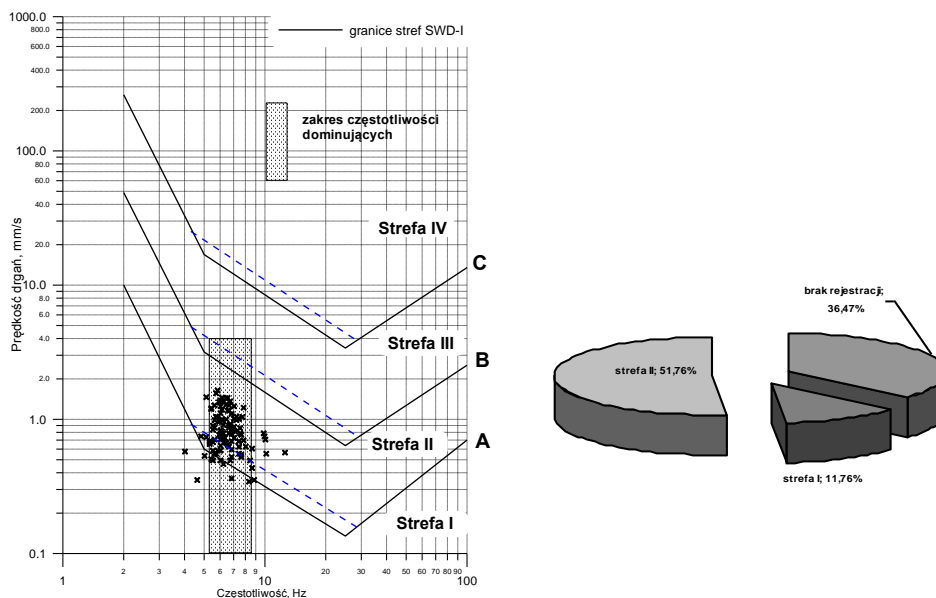
Juxtaposition of the number of blasting works and measurements in particular years

Rok	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Łącznie
Ilość odstrzałów	108	193	178	173	168	173	209	1202
Ilość pomiarów	18	74	76	82	91	64	56	461
Liczba budynków	2	5	3	3	4	2	2	21

Informacja ta wskazuje jednocześnie, że ponad 60% serii długich otworów spowodowało drgania na poziomie nieodeczuwalnym. Jest to bardzo ważna informacja, świadcząca o sporadycznym oddziaływaniu drgań wzbudzanych robotami strzałowymi na obiekty w otoczeniu, informacja o podstawowym znaczeniu w sprawach o szkody górnicze.

Przyjęty przez kopalnię sposób dokumentowania oddziaływania robót strzałowych na obiekty w otoczeniu zakłada okresową zmianę miejsca prowadzenia pomiarów, dlatego też w okresie 6 lat przeprowadzono analizę drgań w 21 budynkach mieszkalnych. W okresie monitorowania drgań (5 miesięcy), w jednym z budynków, w kopalni odpalono 85 serii długich otworów. Wartość progową drgań (włączenie rejestracji) ustawiono na poziomie 0,50 mm/s. W efekcie zarejestrowano 54 serie pomiarowe, a to oznacza, że 64% odpalonych serii długich otworów spowodowało drgania o intensywności, która umożliwia rejestrację.

Na rysunku 5.2 przedstawiono ocenę oddziaływania robót strzałowych na budynek.



Rys. 5.2. Ocena oddziaływania robót strzałowych na obiekt mieszkalny na podstawie wyników monitoringu drgań

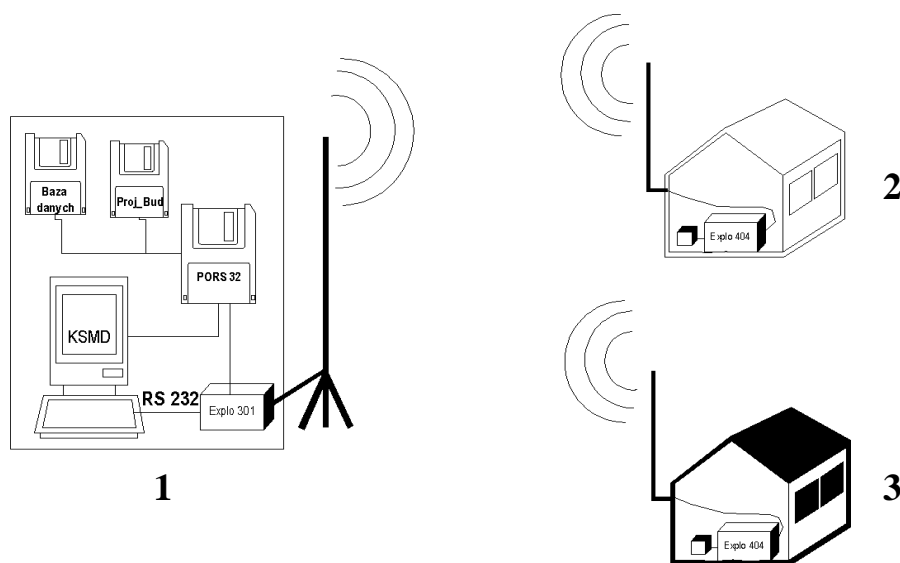
Fig. 5.2. The estimation of blasting works impact on the habitable object based on results of vibrations monitoring

Wynika z niego, że drgania można zaliczyć do I i II strefy oddziaływania. Biorąc pod uwagę ilość serii odpalonych w tym okresie w kopalni oraz ilość dokonanych rejestracji i ich kwalifikowanie do poszczególnych stref można powiedzieć, że efekt sejsmiczny ponad 48% robót strzałowych był nieodczuwalny dla obiektu, a 52% serii było odczuwalnych, ale nieszkodliwych.

6. Zastosowanie skomputeryzowanych systemów pomiarowo-archiwizujących

Działalność profilaktyczna w zakresie eliminowania ujemnych wpływów drgań powodowanych robotami strzałowymi na otoczenie, była i jest przedmiotem długofalowego programu badawczego prowadzonego w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego AGH przez zespół Laboratorium Robót Strzałowych i Ochrony Środowiska. Efektem prac badawczych było zbudowanie Kopalnianej Stacji Monitoringu Drgań (KSMD), systemu o bardzo szerokim zakresie pracy. W pełnej wersji obejmuje on projektowanie robót strzałowych, rejestrację drgań, radiową lub komórkową komunikację oraz transmisję danych do komputera, jak również dokumentowanie przyczyn i skutków oddziaływania robót na otoczenie. Tak szeroki zakres działania jest niewątpliwie potrzebny w kopalniach o dużym wydobywaniu lub gęstej zabudowie w otoczeniu.

W kopalniach odkrywkowych pracuje 7 systemów KSMD, które w pięciu przypadkach wyposażone są w łączność radiową, a dwóch przypadkach w system telefonii komórkowej. Standardowo KSMD posiada dwa punkty pomiarowe (rys. 6.1.). Rozbudowa KSMD i zwiększenie liczby punktów pomiarowych jest możliwe i aktualnie pracujące systemy wyposażone są w od dwóch do siedmiu stacji Explo 404.



Rys. 6.1. Schemat ideowy KSMD: 1. centralne stanowisko komputerowe KSMD; 2. obiekt chroniony – stanowisko pomiarowe nr 1; 3. obiekt chroniony – stanowisko pomiarowe nr 2.
Fig. 6.1. Arrangement of the KSMD: 1. KSMD data acquisition computer centra; 2. protected object – measuring position # 1; 3. protected object – measuring position # 2.

Pełna wersja systemu (Winzer i Sieradzki 2002) przewiduje następujące funkcje KSMD:

- projektowanie bezpiecznych dla otoczenia robót strzałowych (wyznaczanie dopuszczalnych ładunków do strzelania na podstawie wykonanych badań bazowych),
- pomiary intensywności drgań parasejsmicznych,
- wizualizacja wyników pomiarów na skalach szkodliwości SWD (wstępna ocena stopnia oddziaływania na obiekt chroniony),
- archiwizowanie danych o warunkach eksploatacji i jej skutkach w otoczeniu.

Całość systemu jest sterowana przez program PORS32 (Program Obsługi Robót Strzałowych), którego jeden z poziomów uruchamia system, a także znajdujące się w terenie (we wskazanych obiektach) stacje pomiarowe wyposażone w mierniki drgań. Po wykonaniu robót, drogą radiową lub telefonicznie, można odczytać wskazania mierników i zakończyć ich okres *czuwania*. Wyniki pomiarów można graficznie przedstawić na odpowiedniej skali SWD i dokonać wstępnej oceny ich intensywności. Dane są dopisywane do raportów końcowych stanowiących integralną część programu, a także do bazy obiektów chronionych.

W nowszych wersjach KSMD wyposażone są opcjonalnie w programy Nobortm lub Nobogsm do sterowania stacjami terenowymi, zbierania wyników pomiarów, archiwizacji danych. Wprowadzenie do programu sterującego wizualizacji wyników pomiarów, zarówno bieżących jak i znajdujących się w archiwum, pozwala na bieżącą kontrolę poziomu oddziaływania przez dozór górniczy i ewentualne podejmowanie działań korygujących dopuszczalne ładunki MW.

Bardzo istotnym elementem pracy KSMD jest archiwizacja danych. Wyniki pomiarów, po odczytaniu, zapisywane są na kilku poziomach systemu:

- w archiwum pracy KSMD,
- w raporcie końcowym,
- w bazie danych obiektów chronionych, czyli wyniki pomiarów stanowią część składową informacji o obiekcie, w którym aktualnie jest zainstalowana stacja Explo 404 (rys. 6.2).

Jedną z opcji programu przewiduje eksport danych do arkusza kalkulacyjnego, co wyraźnie podnosi walory dostępu do danych archiwizowanych i ułatwia okresowe analizy poziomu oddziaływania robót strzałowych na obiekt (rys. 6.3.).

Należy w tym miejscu podkreślić znaczną ilość informacji pozyskiwanych w czasie realizacji pomiarów w sposób ciągły. Naniesienie zarejestrowanych wyników na skale SWD oraz odniesienie się do całości robót strzałowych wykonanych w cyklu badawczym, daje obraz skali problemu i jest podstawą do formułowania konkretnych wniosków (rys. 6.4).

7. Podsumowanie

Dokumentowanie oddziaływania robót strzałowych na otoczenie jest rozwiązaniem, które pozwala na:

- zebranie bieżących informacji dla dozoru górniczego o intensywności drgań wzbudzanych robotami strzałowymi,
- prowadzenie kontroli oddziaływania drgań na obiekty,
- tworzenie bazy danych, która stanowi dowód w ewentualnych sprawach o odszkodowania.

Część kopalń odkrywkowych, korzystających z usług firm specjalistycznych, wyposażonych jest w systemy monitorowania drgań i prowadzi obsługę stacji we własnym zakresie. Przejęcie robót strzałowych przez firmy zewnętrzne również na tym polu wprowadza nowe formy współpracy. Monitorowanie umożliwia kontrolowanie poziomu wzbudzanych drgań i szybkie reagowanie na występujące przekroczenia.

W kilku kopalniach systemy monitorujące są już obsługiwane przez pracowników firm zewnętrznych, a w niektórych przypadkach firmy te przejmują od kopalń KSMD, opracowując okresowe raporty o oddziaływaniu drgań na otoczenie.

Należy spodziewać się w najbliższym czasie, że firmy świadczące usługi wiertniczo-strzałowe na terenie kopalń odkrywkowych, wykazywać będą zainteresowanie posiadaniem mniejszych lub większych systemów monitorowania, szczególnie tych wyposażonych w łączność komórkową. Umożliwi to zdalne sterowanie (np. z biura we własnej bazie) aparaturą pomiarową. Zbieranie pełnych danych pomiarowych z kilku kopalń do bazy firmy usługowej, jest kwestią najbliższej przyszłości.

Baza Obiektów Budowlanych

Numer rekordu / ilość rekordów: 2 / 1

Miejscowość: Kowala

Numer budynku: 256

Rok budowy: 1956

Numer projektu: 34/45/1955

Imię właściciela: Stanisław

Nazwisko lub Użytkownik: Kaczor

Materiał: cegła

Ilość konygnacji: 2

Lokalizacja, X:

Lokalizacja, Y:

Zainstalowany czujnik: 1 [Zainstaluj]

Nawigacja: [Navigation icons]

Fundament/piwnica: tak/tak

Strop: drewniany

Data inwentaryzacji: 2003

Inwent., stan techn.:

Kategoria:

Uwagi:

Uwagi2:

Kryteria wyszukiwania:

Miejscowość

Nr budynku

Nr czujnika 1

[Zestawienie] [Wyniki pomiarów] [Szukaj] [Zakończ]

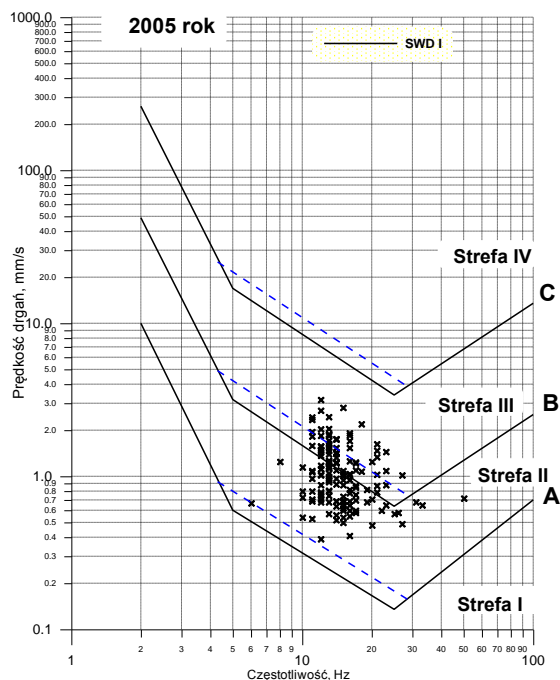
Rys. 6.2. Okno komunikacji programu Nobortm – baza obiektów budowlanych
 Fig. 6.2. Communication window of the Nobortm program – the base of habitable objects

Pomiary przeprowadzone dla obiektu.

Miejscowosc	Nr Bud	Data Pom.	Czas Pom.	Nr Sta	Uz [mm/s]	Fz [Hz]	Ux [mm/s]	Fx [Hz]	Uy [mm/s]	Fy [Hz]	Filtrow
Kowala	73	03-06-10	14:36:16	1	1,210337	12	0,711963	17	0,844185	14	
Kowala	73	03-06-10	14:36:16	1	0,539058	13	0,488203	19	0,68145	27	
Kowala	73	03-06-13	13:07:28	1	1,189995	14	0,864526	15	1,118799	13	
Kowala	73	03-06-13	13:07:28	1	2,26811	14	1,525635	15	2,308794	13	
Kowala	73	03-06-13	13:17:30	1	1,230679	10	0,56957	12	0,813672	12	
Kowala	73	03-06-13	13:17:30	1	0,630596	15	0,376323	26	0,366152	23	
Kowala	73	03-06-17	13:33:34	1	0,467861	20	0,294956	21	0,294956	15	
Kowala	73	03-06-17	13:33:34	1	0,600083	20	0,396665	16	0,559399	12	

[Skala szkodliwości] [Eksport danych] [Zamknij]

Rys. 6.3. Okno komunikacji programu Nobortm – wyniki pomiarów dla obiektu
 Fig. 6.3. Communication window of the Nobortm program – results of measuring an object



Rys. 6.4. Wizualizacja wyników pomiarów na skali SWD
Fig. 6.4. Visual results of measurement on the SWD scale

Najtrudniejszym elementem procedury oceny oddziaływania na obiekty drgań wzbudzanych robotami strzałowymi jest diagnoza o szkodliwym wpływie lub jego braku. Postulowana od lat przez specjalistów dynamiki budowli (Ciesielski 2004; Tataro 2002) konieczność prowadzenia analiz z zastosowaniem filtrowania tercjowego, staje się możliwa również w przypadku monitorowania drgań w otoczeniu kopalń odkrywkowych. Rozwój systemów pomiarowych, wzbogacenie oprogramowania, a przede wszystkim wprowadzenie możliwości transmisji pełnych przebiegów sejsmicznych, umożliwiają realizację nowych procedur analitycznych (Winzer, Mężyk 2004).

Literatura

- [1] Biessikirski R., Winzer J. 2004: Nowe rozwiązania organizacji robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym. *Górnictwo i Geoinżynieria*. Kwartalnik AGH, z. 3/1, 95–104.
- [2] Biessikirski R., Winzer J. 2002: Działalność profilaktyczna w kopalniach odkrywkowych – Oddziaływanie robót strzałowych na otoczenie. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* 10/98/2002, Katowice, 15–19.
- [3] Ciesielski R. 2004: Problemy diagnostyki skutków wstrząsów górniczych na budowle naziemne. *Górnictwo Odkrywkowe* 5–6/2004, Wrocław, 13–19.
- [4] Onderka Zb., Biessikirski R., Sieradzki J., Winzer J. 2002: KSMD – system do monitorowania drgań powodowanych robotami strzelniczymi w otoczeniu kopalń odkrywkowych. [W:] *Warsztaty 2002 – Zagrożenia naturalne w górnictwie*, IGSMiE PAN, Kraków, 199–211.

- [5] Onderka Zb., Sieradzki J., Winzer J. 2003: Technika strzelnicza 2 – Oddziaływanie robót strzelniczych na otoczenie kopalń odkrywkowych, UWND Kraków.
- [6] Prawo ochrony środowiska. 27 kwietnia 2001 r. Dz.U. nr 62, poz. 627.
- [7] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 września 2002 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych kryteriów związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięć do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko – Dz. U. nr 179, poz. 1490.
- [8] Tataro T. 2002: Działanie drgań powierzchniowych wywołanych wstrząsami górniczymi na niską tradycyjną zabudowę mieszkalną. ZN Inżynieria Lądowa nr 74, Kraków.
- [9] Winzer J., Sieradzki J. 2002: Kopalniana Stacja Monitoringu Drgań (KSMD). Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 7(95)/2002, Katowice.
- [10] Winzer J., Mężyk J. 2004: Ocena wpływu robót strzałowych prowadzonych w kopalniach odkrywkowych na obiekty w ich otoczeniu – aktualne problemy. Górnictwo Odkrywkowe 5–6/2004. Wrocław, 43–49.

Blasting works and the protection of the environment – the documentation of the impact in quarries

The article shows the analysis of work of systems monitoring the impact of blasting works on the surrounding of quarries. Experiences resulting from systems work of last couple of years allow to emphasize profits, as well as shortcomings which were the base for introducing structural and program changes.

Przekazano: 16 marca 2006 r.