

Roman Biessikirski, Jan Winzer**

NOWE ROZWIĄZANIA ORGANIZACJI ROBÓT STRZAŁOWYCH W GÓRNICTWIE ODKRYWKOWYM

1. Wprowadzenie

Wejście naszego kraju do Unii Europejskiej, postępująca prywatyzacja oraz urynko-
wienie kopalń odkrywkowych stwarzają konieczność innego spojrzenia na roboty górnicze,
a szczególnie na roboty strzałowe.

Coraz większa konkurencja na rynku kruszyw i surowców skalnych zmusza producen-
tów do obniżania kosztów wytwarzania produktu finalnego.

Elementami widocznych zmian w robotach strzałowych są materiały wybuchowe, coraz
lepiej dostosowane do potrzeb użytkownika, inicjowane systemami nieelektrycznymi, oraz
szybko rozwijający się rynek usług świadczonych przez firmy specjalistyczne.

Wdrażanie nowoczesnych środków strzałowych, sposobów wykonawstwa robót, zwią-
zane z nakładami finansowymi, poprzez różnorodne opcje usług coraz lepiej dopasowane jest
do możliwości ekonomicznych zlecniodawców. Pozwala to na uniknięcie dodatkowych
kosztów przy kompleksowym wdrażaniu nowych technologii.

2. Roboty strzałowe w odkrywkowych zakładach górniczych

Urabianie surowców skalnych w polskich kopalniach odkrywkowych odbywa się za
pomocą materiałów wybuchowych — rocznie zużywa się do tego celu 9÷10 tys. ton materia-
łów wybuchowych, prawie 700 tys. sztuk zapalników i ponad 300 tys. metrów lontu deto-
nującego [4].

Znacząca rola robót strzałowych w przemyśle wydobywczym potwierdza potrzebę dos-
tosowania ich do istniejących w przedsiębiorstwie warunków technicznych i ekonomicz-
nych.

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Optymalne warunki prowadzonych robót strzałowych to:

- 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.

2.1. Systemy prowadzenia robót strzałowych

Warianty prowadzenia robót wiertniczo-strzałowych przedstawiono schematycznie na rysunku 1 [4].

Można wyróżnić dwa podstawowe systemy prowadzenia robót strzałowych [4]:

- 1) wewnętrzny,
- 2) 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.

Optymalne warunki stosowania tego systemu istnieją w przedsiębiorstwach wykonujących często roboty strzałowe, w których musi być zapewniona ciągła dostawa urobku do dalszych procesów produkcyjnych, a także w przedsiębiorstwach bardzo rentownych bądź perspektywnie rozwojowych.

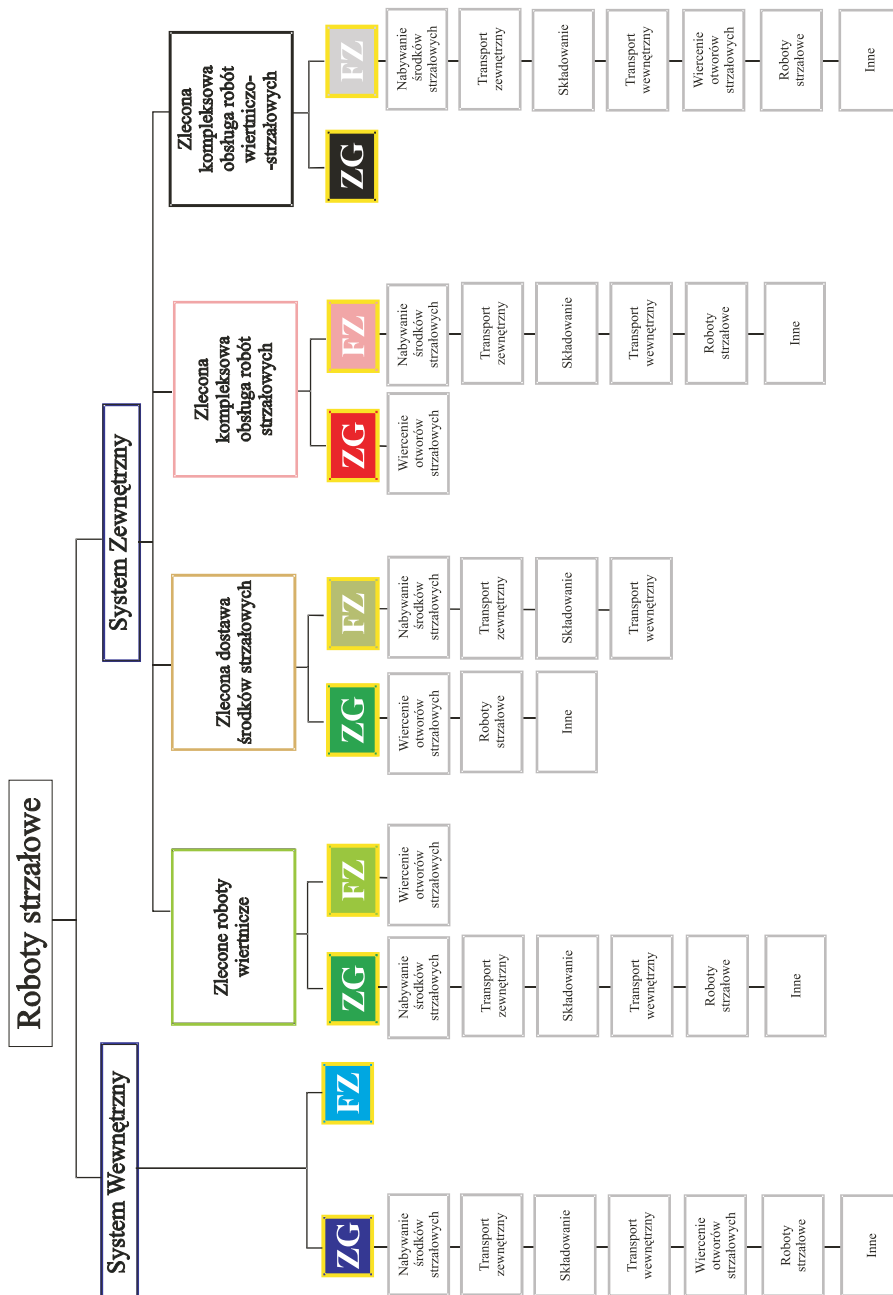
Wprowadzenie nowych technologii, a w szczególności mechanicznego załadunku materiałów wybuchowych, wymaga znacznych nakładów inwestycyjnych. Dużym wydatkiem inwestycyjnym jest zakup samochodu do mechanicznego załadunku MW, jednak odpowiednie jego wykorzystanie może okazać się ekonomicznie uzasadnione. Dla przykładu, jeżeli dla potrzeb własnych wykorzystanie wozu nie jest całkowite, można podjąć się wykonawstwa robót w innym zakładzie górniczym, wykorzystując do tego celu własne zaplecze techniczne wraz z zespołem wykwalifikowanych pracowników.

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

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 zleceniodawcy. Wymaga to od specjalistycznych firm posiadania uniwersalnej, wykwalifikowanej ekipy wiertniczo-strzałowej oraz nowoczesnego mobilnego urządzenia i sprzętu specjalistycznego.



Rys. 1. Warianty prowadzenia robót wiertniczo-strzałowych [4]: ZG — zakład górniczy, FZ — firma zewnętrzna

Przykładowo, w ramach kompleksowych usług wiertniczo-strzałowych firmy specjalistyczne mogą zaoferować [4]:

- projektowanie i 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 systemami nieelektrycznymi;
- zastosowanie programów komputerowych do opracowania i dokumentowania efektów robót strzałowych wraz z ich monitorowaniem.

2.2. Nowoczesne materiały wybuchowe

W latach dziewięćdziesiątych minionego stulecia na rynku krajowym nastąpiła stagnacja w rozwoju rodzimych materiałów wybuchowych, pomimo zapotrzebowania na dobrej jakości materiały wodoodporne oraz fabryczne mieszaniny amonowo-saletrzone luzem.

Przełomowym momentem we wdrażaniu nowych materiałów wybuchowych wraz z nowymi technologiami ich produkcji było wejście na polski rynek dwóch firm: Blastexpol Sp. z o.o. i Dyno Nobel Poland Sp. z o.o. Zaowocowało to rozwojem materiałów typu ANFO i emulsyjnych, wodoodpornych, ładowanych tradycyjnie lub mechanicznie.

Materiały wybuchowe nowej generacji można sporządzać w miejscu wykonywania robót strzałowych. Poszczególne składniki przewożone są w pojemnikach specjalistycznych „samochodów-wytwórni”. Składniki te w miejscu wykonywania robót zostają dokładnie wymieszane w odpowiednich proporcjach, uczulane w trakcie pompowania ich do otworów strzałowych, w których stają się dopiero materiałem wybuchowym.

W czasie pompowania materiału wybuchowego do otworu możliwa jest regulacja gęstości załadunku, umożliwiającą dopasowanie koncentracji (własności energetycznych) materiału wybuchowego do urabianego ośrodka skalnego. Ma to niewątpliwy wpływ na efektywność wykonywanych robót strzałowych.

Składniki oraz produkty powstałe po detonacji tych materiałów nie powodują degradacji środowiska, są uznawane za ekologiczne.

Dobra jakość składników materiałów wybuchowych nowej generacji, ich staranne łączenie (mieszanie), szczególnie materiałów typu ANFO, poprawiły bezpieczeństwo i komfort prowadzonych robót strzałowych. Wynikiem ich stosowania jest równomierne rozdrobnienie urobku, regularność odsłoniętych płaszczyzn ścian, równość ociosów i brak spękań poza linią odpalanych serii.

Emulsyjne wodoodporne materiały wybuchowe rozwiązały problem urabiania złóż zawodnionych. Dodatkowo, przez dokładne wypełnienie części przyspągowej otworu zawodnionego ładowanego mechanicznie, wyeliminowano powstawanie progów przyspągowych.

2.3. Systemy inicjacji

Nieelektryczny system odpalania jest coraz chętniej używany przez wykonawców robót strzałowych. System ten, w stosunku do dotychczas rozpowszechnionego systemu elektrycznego, posiada trzy zasadnicze zalety.

Najistotniejszą z nich jest wysokie bezpieczeństwo wykonywanych robót strzałowych. System nie jest wrażliwy na oddziaływanie prądów i urządzeń energetycznych.

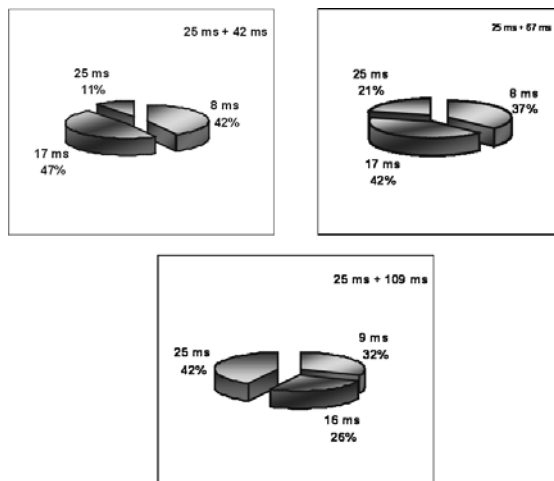
Brak jakichkolwiek elementów elektrycznych w zapalnikach jest czynnikiem zwiększającym jego niezawodność. Manualne sporządzanie sieci strzałowej jest bezpieczne.

Drugą zaletą systemu jest łatwość wykonania połączeń, ograniczająca się do podpięcia przewodów zapalników oraz linii strzałowej (linia Dynoline) pod odpowiednie zaciski łączników czasowych. Upraszcza to zasadniczo czynności manualne przy usuwaniu błędnego połączenia, a przede wszystkim przy sporządzaniu połączeń w trudnych warunkach atmosferycznych.

Trzecią bardzo ważną zaletą systemu jest możliwość zwiększenia zakresu (liczby odpalanych otworów w serii) wykonywanych robót dzięki nieograniczonej liczbie stopni opóźnień łączników czasowych o interwałach 17, 25, 42, 67, 109, 176 ms.

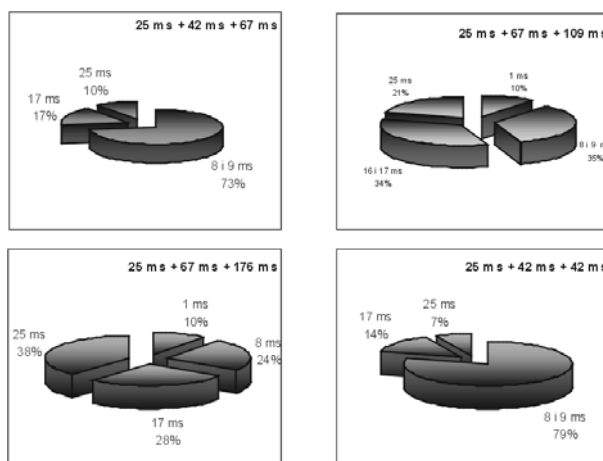
W systemie nieelektrycznym można odpalać otwory rozmieszczone jedno- i wieloszerogowo, ze stałym, zmiennym lub sekwencyjnym opóźnieniem czasowym. O ile przy jedno-szerogowym rozmieszczeniu otworów stosowanie systemu jest bardzo proste i przejrzyste, to przy wieloszerogowym rozmieszczeniu otworów niezbędna jest znajomość zasady działania systemu — w przeciwnym razie mogą pojawić się problemy.

Przykładowo, użycie łączników 25 ms między otworami w szeregu i 42 ms między szeregami sugeruje zastosowanie opóźnień 25 i 42 ms, jednak obliczenie rzeczywistego czasu inicjacji poszczególnych otworów daje zupełnie inny obraz występujących opóźnień milisekundowych (rys. 2) [1, 2].



Rys. 2. Rzeczywiste opóźnienia milisekundowe przy zastosowaniu różnych schematów odpalania dwóch szeregów otworów

Jeszcze ciekawiej przedstawia się sytuacja połączenia ładunków w trzech szeregach. Bardzo często używa się łączników 25 ms w pierwszym szeregu oraz 42 ms w drugim i trzecim szeregu. W efekcie otrzymuje się w 80% opóźnienie 8 i 9 ms (rys. 3). Jeżeli nie jest to działanie zamierzone, to może przynieść niekorzystne skutki w postaci wzmocnionego efektu sejsmicznego w otoczeniu.



Rys. 3. Rzeczywiste opóźnienia milisekundowe przy zastosowaniu różnych schematów odpalania trzech szeregów otworów

Jak widać, dominującymi czasami opóźnień są bardzo małe interwały czasowe, nie mające nic wspólnego z zastosowanymi do połączeń łącznikami.

Czas 25 ms to opóźnienie dotychczas powszechnie stosowane w robotach strzałowych w kopalniach odkrywkowych. Większość opinii i ekspertyz dotyczy zastosowania zapalników elektrycznych milisekundowych właśnie, o opóźnieniu 25 ms. Projektując odpalanie systemem nieelektrycznym, należy przeprowadzić obliczenia symulacyjne, gdyż przy większej liczbie otworów w szeregach może dojść do nałożenia się czasów odpalenia poszczególnych ładunków.

2.4. Monitorowanie oddziaływania robót strzałowych na otoczenie

Prawo górnicze nakłada na zakład wydobywający kopalinę obowiązek ochrony otoczenia kopalni. 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, ale również jako przyczyn (parametrów) prowadzonych robót strzałowych. Dopiero całościowe ujęcie zagadnienia „przyczyna i skutek” zapewnia zastosowanie właściwej profilaktyki.

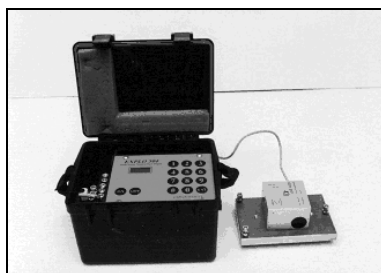
Wybór metod prowadzenia działalności profilaktycznej kopalń w zakresie minimalizowania szkodliwego oddziaływania robót strzałowych powinien być uwarunkowany [3]:

- stopniem zagrożenia posadowionych w otoczeniu obiektów, ich liczbą i przeznaczeniem (obiekty przemysłowe, budownictwo mieszkalne i gospodarcze, obiekty zabytkowe), stanowiącymi o wadze problemu;
- częstotliwością wykonywania robót strzałowych;
- sposobem prowadzenia robót strzałowych.

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. Dzięki zaangażowaniu kadry kierowniczej i dozoru górniczego oraz pomocy finansowej kopalń udało się zrealizować program ochrony otoczenia. Efektem prac badawczych było zbudowanie Kopalnianej Stacji Monitorowania Drgań (KSMD), systemu o bardzo szerokim zakresie pracy. W pełnej wersji obejmuje on projektowanie robót strzałowych, rejestrację drgań, radiową komunikację transmisji danych do komputera, 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 o małym nasileniu robót strzałowych i niezbyt gęstej zabudowie w otoczeniu nie ma konieczności stosowania tak rozbudowanego systemu, dlatego też w trakcie realizacji KSMD została zbudowana Mała Stacja Monitorowania Drgań Explo 504, przeznaczona do pomiarów prowadzonych przez służby kopalniane.

Zarówno KSMD, jak i Explo 504 znajdują coraz szersze zastosowanie w kopalniach odkrywkowych. Praca tych systemów pomiarowych pozwala na bieżącą kontrolę efektu sejsmicznego w czasie prowadzonych robót strzałowych.

W jednej z kopalń w ciągu czteroletniej pracy Explo 504 (rys. 4) wykonano ponad 300 pomiarów w 14 budynkach mieszkalnych.

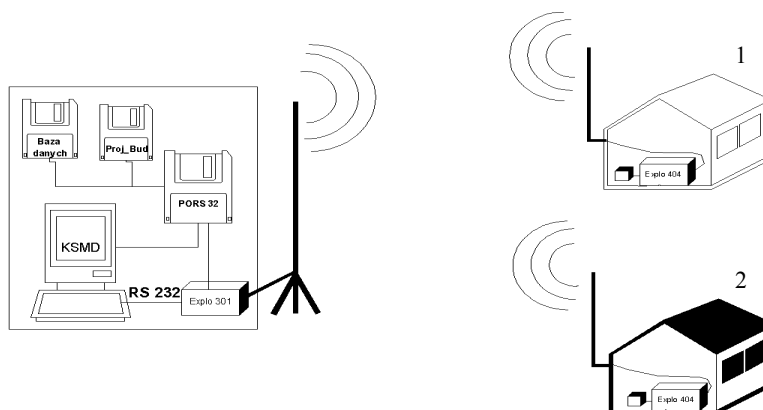


Rys. 4. Explo 504 — widok [1]

Archiwizowane dane pomiarowe, poszerzone o bieżącą ocenę wpływu drgań na obiekty, stanowią materiał informacyjny dla dozoru górniczego, materiał kontrolny dla nadzoru gór-

niczego i materiał dowodowy w spornych sprawach o szkody górnicze. Doświadczenie wyniesione z dotychczasowej pracy urządzenia pozwala na sformułowanie wniosku o trafności pomysłu i celowości prowadzenia tego typu działalności.

Aktualnie w kopalniach odkrywkowych pracuje 6 systemów KSMD, które w pięciu przypadkach wyposażone są w łączność radiową i w jednym przypadku w system telefonii komórkowej. Standardowo KSMD posiadają dwa punkty pomiarowe (rys. 5).



Rys. 5. Schemat ideowy KSMD [3]: 1 — obiekt chroniony — stanowisko pomiarowe nr 1;
2 — obiekt chroniony — stanowisko pomiarowe nr 2

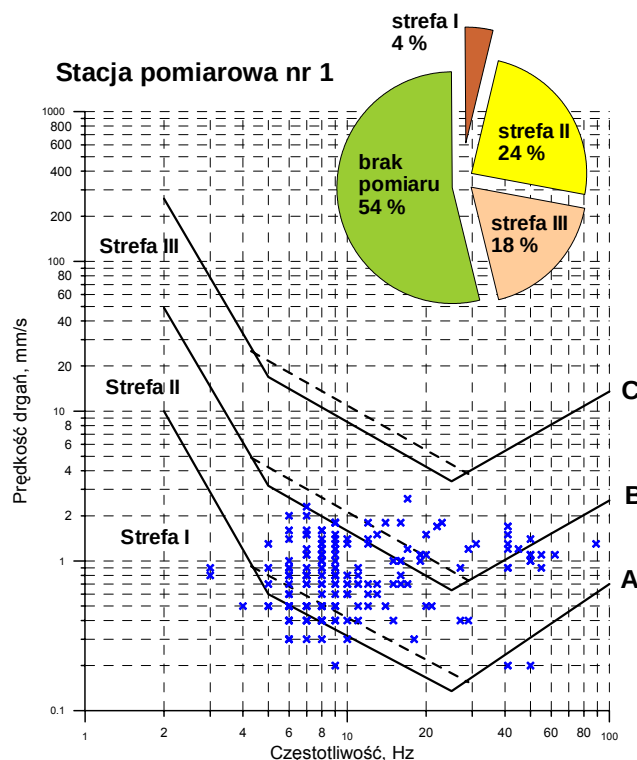
Zebrane w trakcie pomiarów dane służą do oceny wpływu drgań na obiekty. Graficznie wyniki pomiarów położone w poszczególnych strefach oddziaływania można przedstawić na skali SWD I lub SWD II (rys. 6).

Należy w tym miejscu podkreślić znaczną ilość informacji pozyskiwanych w czasie realizacji pomiarów w sposób ciągły. Naniesienie zarejestrowanych wyników na skalę SWD oraz odniesienie się do całłościowej liczby robót strzałowych wykonanych w cyklu badawczym daje obraz skali problemu i jest podstawą do formułowania konkretnych wniosków.

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

W niektórych 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, że w najbliższym czasie firmy świadczące usługi na terenie kopalń odkrywkowych będą wykazywać zainteresowanie posiadaniem mniejszych lub większych systemów monitorowania, szczególnie 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.



Rys. 6. Ocena stopnia szkodliwości rejestrowanych drgań [3]

3. Podsumowanie

Przedstawione w artykule elementy organizacyjno-techniczne nie są jedynymi czynnikami wpływającymi na efektywność robót strzałowych.

Dobre efekty to nie tylko zasługa zaangażowania nowych technologii, to także dobrze przygotowana pod względem merytorycznym kadra projektująca, nadzorująca i wykonująca roboty strzałowe.

Wieloletnie obserwacje robót strzałowych wskazują na potrzebę ich prowadzenia w sposób bardzo dokładny, przemyślany i dostosowany do warunków górniczo-geologicznych urabianego złoża. Nawet ta sama kopalina w różnych warunkach (złożach) wymaga często zastosowania innego rodzaju materiału wybuchowego, schematu odpalania czy ograniczenia wielkości odpalanych serii ze względu na ochronę otoczenia. Wymaga to kompleksowej znajomości problemu i dlatego kształcenie inżynierów ze specjalnością technika strzałowa nabiera nowego znaczenia. Szczególnie istotne jest przygotowanie fachowców-górników potrafiących „czytać” roboty strzałowe w każdych warunkach. Pozwoli to uniknąć zrutynizowania wykonywanych czynności i może być przyczynkiem do dalszego rozwoju metod prowadzonych robót.

LITERATURA

- [1] *Biessikirski R., Sieradzki J., Winzer J.*: Uwagi praktyczne do nieelektrycznego odpalania długich otworów na przykładzie systemu Nonel Unidet. Konferencja nt. Technika strzelnicza w górnictwie. ART-TEKST, Jaszowiec 2001
- [2] *Biessikirski R., Kamiński Z., Winzer J.*: Działalność profilaktyczna kopalń odkrywkowych w zakresie oddziaływania robót strzelniczych na otoczenie. Konferencja nt. Technika strzelnicza w górnictwie. ART-TEKST, Jaszowiec 2001
- [3] *Biessikirski R., Sieradzki J., Winzer J.*: Kopalniana Stacja Monitoringu Drgań. Konferencja nt. Technika strzelnicza w górnictwie. ART-TEKST, Jaszowiec 2001
- [4] *Hebda A., Kawalec P., Kozioł W., Lewicki J.*: Ryzyko zawodowe w odkrywkowych zakładach górniczych. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2004
- [5] Nonel — Poradnik użytkownika: Dyno Nobel Poland

Zatwierdzono do druku: 17.09.2004 r.