

Technika strzelnicza jako kierunek prac badawczych prowadzonych w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego AGH

Blasting technique as a direction of research work carried out at the Department of Surface Mining AGH



Dr inż. Józef Pyra^{*)}



Dr inż. Anna Soltys^{*)}



Dr inż. Jan Winzer^{*)}

Treść: „Praca badawcza dla przemysłu, jakim jest górnictwo odkrywkowe nie musi być wielka, ale musi być skuteczna i odpowiedzialna”. Takie przesłanie było mottem zespołu, kształtującego się w Zakładzie Techniki Strzelniczej, Instytutu (późniejszej Katedry) Górnictwa Odkrywkowego, pod kierownictwem Profesorów Juliana Sulimy-Samujłło i Zbigniewa Onderki. W swojej działalności zespół podjął wyzwanie stworzenia warunków naukowych i organizacyjnych, dla zapewnienia bezpiecznego dla otoczenia, wykonawstwa robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym. Praca w terenie stwarzała warunki do ciągłego doskonalenia sztuki górniczej i budowania dobrej współpracy z przemysłem. W artykule przedstawiono w zarysie genezę działalności naukowej i dydaktycznej w zakresie techniki strzelniczej. Wskazano na działania zmierzające do powstania laboratoriów, umożliwiających wykształcenie i przygotowanie do praktycznej działalności pokoleń inżynierów strzałowych. Realizacja programu prac wymagała przygotowania bazy aparaturowej, jak również zbudowania systemów informatycznych do projektowania robót strzałowych i kontroli ich efektów. Znaczącym sukcesem było wypracowanie oryginalnych procedur prowadzenia badań kontrolnych oddziaływania robót strzałowych na otoczenie kopalń odkrywkowych, które z powodzeniem nadal są stosowane.

Abstract: “Research work for the surface mining industry does not have to be great but it must be effective and responsible”. This message was the motto of the team, which was formed at the Laboratory of Blasting Techniques, the Institute (later the Department) of Surface Mining, under the leadership of Professors Julian Sulima-Samujłło and Zbigniew Onderka. In their activities, the team took up the challenge of creating scientific and organizational conditions to ensure the execution of blasting works in surface mining safe for the environment. Field work created conditions for continuous improvement of mining art and building good cooperation with industry. The article outlines the genesis of scientific and didactic activity in the field of blasting technique. Activities aimed at creating laboratories enabling education and preparation for practical activity of generations of blast engineers were indicated. The implementation of the work program required the preparation of the equipment base as well as the construction of IT systems for the design of blasting works and control of their effects. A significant success was the development of original control measurements procedures for the impact of blasting works on the surroundings of surface mines, which are still successfully used.

Słowa kluczowe:

górnictwo odkrywkowe, roboty strzałowe, oddziaływania drgań, monitoring drgań

Key words:

surface mining, blasting works, ground-borne vibration, vibration monitoring

1. Wprowadzenie

Materiał wybuchowy (MW) to potężne narzędzie w rękach człowieka. Wyzwalana w czasie detonacji energia może być wykorzystana do wykonania określonej pracy, ale stanowi jednocześnie duże zagrożenie zarówno bezpośrednie dla użytkownika, jak i pośrednie dla otoczenia. Dlatego też działalność

naukowa i dydaktyczna w zakresie techniki strzelniczej, prowadzona w Instytucie (Katedrze) Górnictwa Odkrywkowego, została oparta na trzech podstawowych filarach:

1. filar dydaktyczny - wiedza pozwalająca na bezpieczne i efektywne wykorzystanie energii MW do urabiania skał,
2. filar naukowy – wprowadzenie do praktyki nowych i bezpiecznych MW, których ładunki inicjowane są systemami podnoszącymi jakość wykonywanej pracy i zwiększającymi bezpieczeństwo,

^{*)} AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, WGiG w Krakowie

3. filar kontrolny – zagrożenia związane z użyciem MW powinny być kontrolowane i dokumentowane.

Wymienione wyżej zagadnienia znalazły swoje odbicie w działalności naukowej i dydaktycznej realizowanej przez Profesorów Juliana Sulimę-Samujłło i Zbigniewa Onderkę, kierowników Zakładu Techniki Strzelniczej na Wydziale Górniczym Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Nie do przecenienia są zasługi Profesora Juliana Sulimy-Samujłło, którego wiedza i talent organizacyjny pozwolił wykształcić i przygotować do działalności praktycznej pokolenia inżynierów strzałowych. Była to działalność trudna, prowadzona w warunkach powojennych, rosnącego zapotrzebowania na surowce skalne dla odbudowy kraju, braków kadrowych i czasem całkowitego braku maszyn i zaawansowanych technologii. Profesor będąc pracownikiem AGH organizował szkolnictwo średnie w zakresie górnictwa odkrywkowego, w pierwszej kolejności na Dolnym Śląsku, a potem w Krakowie. Prawie połowa pracowników naukowych Instytutu (Katedry) Górnictwa Odkrywkowego AGH to byli absolwenci Technikum Górnictwa Odkrywkowego w Krakowie. Jeszcze w latach 60. i 70. ubiegłego stulecia jedyną dostępną dla uczniów technikum literaturą w zakresie techniki strzelniczej były, przygotowane przez Profesora, skrypty uczelniane AGH i wydana w 1968 roku słynna „żółta książka”, czyli „Roboty strzelnicze w górnictwie odkrywkowym”. Książka, w tych czasach, uważana za „biblię inżyniera strzałowego” prowadzącego roboty w kopalniach odkrywkowych.

Można powiedzieć, że Profesor Julian Sulima-Samujłło stworzył podwaliny dla rozwoju techniki strzelniczej w górnictwie odkrywkowym. Kontynuatorem tych prac był Profesor Zbigniew Onderka, który w swojej działalności podjął wyzwanie stworzenia warunków naukowych i organizacyjnych, dla zapewnienia bezpiecznego dla otoczenia, wykonawstwa robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym. W zorganizowanym przez Profesora terenowym laboratorium prowadzono pomiary drgań wzbudzanych w czasie robót strzałowych, co pozwalało na wyznaczanie bezpiecznych, dla zabudowań w otoczeniu, warunków wykonywania tych robót. W oparciu o badania prowadzone przez Bureau of Mines w USA, opracowano własne procedury pomiarowe i analityczne.

Praca badawcza z założenia powinna czemuś służyć. Profesor Zbigniew Onderka z całą mocą podkreślał, że laboratorium ma służyć przemysłowi, a ten przemysł to górnictwo odkrywkowe, roboty strzałowe i ochrona otoczenia przed szkodliwym oddziaływaniem robót z użyciem MW. Praca badawcza dla przemysłu nie musi być wielka, ale musi być skuteczna, a praca zespołu odpowiedzialna. Prowadzenie pomiarów intensywności drgań w otoczeniu robót strzałowych, to praca w terenie, poznawanie kopalń i ludzi tam pracujących. Kontakt z dozorem górniczym był nieustającą nauką twardej sztuki górniczej i stwarzał płaszczyznę do współpracy. Nie można wniosków z pracy badawczej powiesić na ścianie, trzeba te wnioski przetworzyć na realia kopalni, dostosować do możliwości wykonawczych. Tam, gdzie była potrzeba poszukiwano różnych rozwiązań, ale zawsze warunkiem podstawowym była współpraca, odpowiedzialność i zaufanie. Sposób podejścia Profesora do zagadnień badawczych, przeniesiony na cały zespół, skutkowałam doskonałą współpracą z przemysłem. Rodziły się wspólne pomysły, dążenia i cele.

Doskonałą współpracą z przemysłem – ta cecha łączyła działania Profesorów. Dzięki temu powstało Centralne Laboratorium Techniki Strzelniczej i Materiałów Wybuchowych w Regulicach oraz Laboratorium Robót Strzałowych i Ochrony Środowiska.

2. Centralne Laboratorium Techniki Strzelniczej i Materiałów Wybuchowych w Regulicach

Znaczącą zasługą Profesora Juliana Sulimy-Samujłło było zorganizowanie jednostki naukowo-badawczej, która została powołana decyzją Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki z dnia 16 maja 1975 r. oraz decyzją Okręgowego Urzędu Górniczego w Krakowie z dnia 25 marca 1976 r. pod nazwą Centralne Laboratorium Techniki Strzelniczej i Materiałów Wybuchowych w Regulicach. Jednostka naukowo-badawcza została stworzona na terenach przejętych po Kopalni Skalnych Surowców Drogowych w Regulicach. W pierwszych latach działalności osobami odpowiedzialnymi za przygotowanie stanowisk badawczych byli: dr inż. Jerzy Słowik i dr inż. Edward Toś, a od września 1987 roku dr inż. Ryszard Morawa, który pełnił funkcję Kierownika do 2010 roku.

Laboratorium do roku 1995 działało na prawach zakładu górniczego i podlegało wszystkim przepisom obowiązującego Prawa geologicznego i górniczego. Warunkiem powstania takiego zakładu było zorganizowanie odpowiedniej grupy osób posiadających wymagane uprawnienia górnicze dla pełnienia odpowiednich funkcji. Po roku 1995 CLTSiMW w Regulicach zostało przekształcone z zakładu górniczego w jednostkę naukowo-badawczą podlegającą pod przepisy ustawy o materiałach wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego.

Prowadzona działalność naukowo-badawcza zaowocowała przygotowaniem 6 rozpraw doktorskich i ponad 10 prac magisterskich.

W oparciu o pracowników laboratorium, decyzją Rektora, od października 1987 r. powołano Grupę Uprawnioną do Prowadzenia Robót Strzałowych Poza Obszarem Górniczym. Odpowiednie uprawnienia i kwalifikacje potwierdzone zdaniem egzaminem przed komisją Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego uzyskali: dr hab. inż. Paweł Batko, prof. AGH, dr inż. Józef Lewicki i dr inż. Ryszard Morawa.

Laboratorium w Regulicach stanowi również bazę dydaktyczną, gdzie w ramach prowadzonych zajęć studenci i uczestnicy licznych kursów są zapoznawani z działaniem materiałów wybuchowych. Od początku swojej działalności dydaktycznej na terenie CLTSiMW były prowadzone zajęcia dla studentów Wydziałów: Górniczego, Wiertniczo-Naftowego, Geodezji Górniczej, Geologii i Geofizyki, Maszyn Górniczych, Elektrotechniki.

Do dnia dzisiejszego w CLTSiMW w Regulicach odbywają się zajęcia dydaktyczne dla studentów Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii, kursantów w ramach działalności Ośrodka Szkolenia Zawodowego przy Wydziale oraz dla grup zorganizowanych w ramach programów wymiany międzynarodowej (Morawa 2015).

3. Laboratorium Robót Strzałowych i Ochrony Środowiska

Wiadomo, tam gdzie poszukuje się nowości, tam gdzie są pomysły i marzenia potrzebne są środki finansowe. W laboratorium rodziły się pomysły i marzenia, przemysł dostarczał środki na ich realizację. Utworzył się nieformalny zespół kopalń odkrywkowych, który widział sens w tych propozycjach. Należy pamiętać, że lata 80. i 90. ubiegłego stulecia to trudny okres dla przemysłu surowców skalnych, dlatego tym inżynierom przemysłu należy oddać duży szacunek i złożyć podziękowanie za stworzenie warunków do realizacji projektów.

Przez lata pracy w terenie wytworzyło się w zespole laboratorium przekonanie o konieczności budowy procedur i systemu, który pozwoli na nowoczesną pracę inżyniera strzałowego, zdjęcie z niego kufajki i gumiaków, postawienie do dyspozycji nowoczesnych narzędzi do projektowania i wykonywania bezpiecznych dla otoczenia robót strzałowych oraz kontrolowania negatywnych oddziaływań. Można zaryzykować twierdzenie, że informacja daje świadomość, a świadomość i odpowiedzialność dają bezpieczeństwo. To był pomysł, to było marzenie.

Przewidując trendy w rozwoju techniki strzelniczej, w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego AGH, od szeregu lat prowadzono prace mające na celu przygotowanie pewnych elementów do szybkiego zastosowania w przemyśle wydobywczym.

W roku 1987 w zespole Profesora Zbigniewa Onderki powstał program prac, których celem było:

- opracowanie metodyki doboru optymalnych opóźnień milisekundowych do strzelania w kopalniach odkrywkowych,
- zbudowanie zapalarki milisekundowej do prowadzenia strzelań doświadczalnych, a w razie powodzenia opracowanie zapalarki do powszechnego stosowania,
- komputeryzacja prac badawczych nad ograniczeniem szkodliwego oddziaływania drgań powodowanych robotami strzałowymi,
- opracowanie programu do prowadzenia działań profilaktycznych przez służby strzałowe kopalń.

Realizacja tych zamierzeń wymagała przygotowania bazy aparaturowej, wprowadzenia nowoczesnych materiałów wybuchowych i systemów odpalania ładunków, zbudowania systemów informatycznych do projektowania robót strzałowych i kontroli efektów, zarówno pod kątem granulacji, jak i oddziaływania na otoczenie.

Aparatura badawcza

Podstawowym elementem realizacji programu była budowa nowoczesnego laboratorium terenowego do prowadzenia pomiarów drgań, z uwzględnieniem przejścia z zapisu analogowego na cyfrowy. W tym zakresie w pierwszej fazie zakupiono skomputeryzowany, wielokanałowy system sejsmiczny ABEM TERRALOC Mk3 (firmy ABEM AB) o zapisie cyfrowym. We własnym zakresie opracowano szereg programów komputerowych do analizy drgań, budując bazę pod dalszy rozwój laboratorium. Od tego momentu, a generalnie prace wykonywano na zlecenie przemysłu, każdy pomiar wykonany na kopalni, był archiwizowany, posiadał swój opis i mógł być wielokrotnie analizowany. W roku 1991 dzięki nawiązaniu współpracy z firmą Exploconsult Sp. z o.o. z Krakowa, przedstawicielem Nitro Consult AB na Polskę, uzyskano dostęp do nowoczesnej aparatury pomiarowej UVS 1608 i UVS 1504 (rys. 1). Początkowo przez wypożyczanie,

a potem dzięki środkom KBN zakupiono dla Katedry jeden zestaw czterokanałowej aparatury UVS 1504. Dalsza współpraca z Exploconsult umożliwiła korzystanie z pełnej gamy specjalistycznej aparatury, co wyraźnie podniosło efekt prac terenowych.

Optymalizacja opóźnień milisekundowych

Dysponując wysokiej klasy aparaturą badawczą i specjalistycznym oprogramowaniem, od roku 1988 realizowano wstępne badania nad metodyką doboru optymalnych opóźnień międzystrzałowych dla różnych grup surowcowych. Pierwszym elementem tych badań była konieczność zbudowania doświadczalnej zapalarki milisekundowej, dzięki której można było odpalać otwory z dokładnie określonym opóźnieniem w zakresie od $0 \div 150$ ms. Tak powstała zapalarka „ZT 480t”, która została dopuszczona przez WUG do strzelań doświadczalnych we wskazanych zakładach górniczych. Zastosowanie tej zapalarki stanowiło duże doświadczenie zarówno dla zespołu badawczego, jak i służb strzałowych w kopalniach (Biessikirski 1993).

Zastosowanie zapalarki milisekundowej i cyfrowej aparatury do pomiarów drgań pozwoliło na wykonanie badań w kilku kopalniach i różnych surowcach (Onderka i in. 1993). Zebrane doświadczenia stały się podstawą do opracowania, przy współpracy z Exploconsult Sp. o.o. i Zakładem Doświadczalnym Aparatury Naukowej i Automatyki AGH, założeń konstrukcyjnych dla nowego modelu zapalarki.

W tym miejscu należy wspomnieć, że był to rok 1992 i zdobycie funduszy na prace projektowe i konstrukcyjne było niezwykle trudne, a zakres finansowy przedsięwzięcia znacznie wykraczał poza możliwości Katedry czy Wydziału. Największym sukcesem dla kontynuacji prac było pozyskanie wsparcia finansowego pięciu zakładów: Cementowni „Małogoszcz” S.A., Cementowni „Nowiny” S.A., Kopalni Wapienia „Czatkowice”, Zakładu Gipsowego „Stawiany” i Zakładów Przemysłu Wapienniczego „Trzuskawica”. Zawiązane „konsorcjum” finansowe pozwoliło na zbudowanie Górniczej Zapalarki Milisekundowej „EXPLO-201” (rys. 2), uzyskanie patentu P-302960, dopuszczenie jej do użytkowania w górnictwie odkrywkowym przez Prezesa WUG i podjęcie produkcji przez ZDANIĄ w Krakowie. Zapalarka przeznaczona była do odpalania zapalników momentalnych i milisekundowych o prądzie bezpiecznym 0,2 A i 0,45 A. Opóźnienie można było dobierać z przedziału $0 \div 99$ ms, z krokiem czasowym co 1 ms (Biessikirski 1996).

Wykonane strzelania z zastosowaniem różnych opóźnień milisekundowych w kopalni gipsu „Borków” i wapienia „Trzuskawica” skłaniały do wniosku, że w stosowaniu optymalnych opóźnień milisekundowych tkwią olbrzymie rezerwy zarówno w kierowaniu granulacją urobku, jak i ograniczaniu szkodliwego oddziaływania na otaczające środowisko (Winzer, Biessikirski 1996).



Rys. 1. Aparatura UVS 1608 i UVS 1504

Fig. 1. UVS 1608 and UVS 1504 instruments



Rys. 2. Górnicza zapalarka milisekundowa Explo-201 (Biessikirski 1996)

Fig. 2. Mining millisecond blasting machine Explo-201 (Biessikirski 1996)

Mechaniczny ładunek materiałów wybuchowych i nowoczesne systemy odpalania ładunków

W 1997 roku, na terenie województwa kieleckiego w kopalniach: Jaźwica, Miedzianka, Trzuskawica i Wola przeprowadzono strzelania doświadczalne długimi otworami z zastosowaniem wodoodpornego MW „Emulan” ładowanego mechanicznie (Biessikirski i in. 1997).

Wykonawcą robót strzałowych, nadzorowanych przez pracowników Katedry Górnictwa Odkrywkowego, była firma Nitro Nobel Poland. Emulsyjny MW luzem, ładowany był do otworów z specjalistycznego samochodu. Inicjacja MW odbywała się nieelektrycznym systemem Nonel. Wyniki prób oceniono pozytywnie. Na podstawie raportów przesłanych przez wymienione zakłady nie stwierdzono wystąpienia progów przyspągowych, nawet w przypadkach, gdy otwory strzałowe wypełnione były wodą do połowy ich długości. Ponadto zaobserwowano (na podstawie pomiarów sejsmometrycznych) spadek intensywności drgań. Szczegółowa analiza techniczna i ekonomiczna prób prowadzona była przez Katedrę Górnictwa Odkrywkowego przy współdziałaniu zakładów górniczych oraz firmy Nitro Nobel Poland. Dzisiaj, po 22 latach od tych strzelań doświadczalnych, trudno wyobrazić sobie inną technologię wykonywania robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym (Onderka, Winzer 2001, Winzer i in. 2001).

Zalety nieelektrycznego systemu inicjowania są niewątpliwe, jednakże na świecie coraz większą popularność zaczęły zdobywać systemy elektroniczne, które zostały po raz pierwszy skonstruowane i zastosowane w latach 80. ubiegłego wieku, w wyniku współpracy firm Orica i Dynamit-Nobel (Winzer i in. 2016). System ten stwarza nowe możliwości w uzyskiwaniu bardzo wysokiej precyzji czasów opóźnień zapalników, co przekłada się na poprawę bezpieczeństwa robót strzałowych, lepszą kontrolę efektu sejsmicznego, jak również poprawę rozdrobnienia urobku. W Polsce, system inicjowania elektronicznego *i-kon* po raz pierwszy został zademonstrowany na pokazie zorganizowanym przez Stowarzyszenie Polskich Inżynierów Strzałowych oraz firmę Orica Poland w dniu 14 czerwca 2008 roku, w Centralnym Laboratorium Techniki Strzelniczej i Materiałów Wybuchowych AGH w Regulicach. System *i-kon* został zakupiony przez Katedrę Górnictwa Odkrywkowego dla celów dydaktycznych i badawczych.

Projektowanie robót strzałowych i monitoring drgań

Wskutek zmiany przepisów, sprawy szkód górniczych znalazły się w gestii sądów cywilnych, co zmusiło kopalnie do uważnych działań zmierzających do zminimalizowania ujemnych skutków robót strzałowych (Winzer 1996).

Badania mające na celu wyznaczenie zasięgu szkodliwego oddziaływania drgań powodowanych robotami strzałowymi prowadzone przez wskazane jednostki naukowo-badawcze są działaniami niemającymi charakteru ciągłego. Jest to problem zawsze podnoszony przy sprawach o odszkodowania i niestety często jest to argumentem ważącym na decyzji sądu. Laboratorium jako jednostka naukowo-badawcza prowadziło popularyzację działań profilaktycznych przez prowadzenie badań kontrolnych, nie tylko w przypadku lawiny zgłoszeń o szkody, ale w sposób przemyślany i dający prawdziwy obraz występującego zjawiska (Biessikirski i in. 1998, Winzer, Biessikirski 2002). Niestety w dalszym ciągu zdarzają się przypadki braku pomiarów w ogóle albo opinii noszących znamię upływającego czasu. Zdezaktualizowane, nawet dwudziestokilkuletnie opinie nie są wcale w przemyśle czymś wyjątkowym.

W programie działalności profilaktycznej bardzo ważną rolę odgrywają dwa zagadnienia: badania kontrolne i ocena oddziaływania drgań na obiekty budowlane. Zagadnienia te zostały opracowane w laboratorium w połowie lat 90. ubiegłego wieku, a efekt prac to (Winzer 1996, Winzer, Biessikirski 2002, Onderka i in. 2003, Winzer i in. 2008, Winzer i in. 2016):

- oryginalna procedura prowadzenia badań kontrolnych oddziaływania robót strzałowych na otoczenie. Jest to procedura unikatowa, uwzględniająca lokalne warunki kopalni, wyznaczone wcześniej równania propagacji, zastosowane ładunki MW i odległość do miejsca wykonywania robót strzałowych,
- elementem składowym tej procedury była ocena oddziaływania wzbudzanych drgań na zabudowania w otoczeniu i dlatego opracowano skalę SWD normy PN-85/B-2170 w wersji prędkościowej, dzięki czemu można było przeprowadzać oceny, zgodnie z tą normą, wykorzystując pomiary prędkości drgań.

W roku 2003 dokonano zmiany procedury oddziaływania i w miejsce oceny na podstawie wartości szczytowej prędkości drgań wprowadzono ocenę na podstawie histogramu maksymalnych wartości prędkości dla częstotliwości środkowych pasm tercjowych. Procedura ta została wprowadzona do znowelizowanej normy PN-B-02170:2016-12 w roku 2016.

Na podstawie zebranych doświadczeń można przyjąć za optymalny następujący zakres działań, których ujęcie w pewną całość może w istotny sposób wpłynąć na zapobieganie szkodliwemu oddziaływaniu robót strzałowych na zabudowę występującą w otoczeniu kopalń (Winzer 1996).

Do działań tych należą:

- inwentaryzowanie stanu technicznego budynków znajdujących się w otoczeniu wyrobiska górniczego,
- wyznaczanie strefy szkodliwego oddziaływania drgań i dopuszczalnych ładunków MW do strzelania z rozsądnym wyprzedzeniem czasowym,
- rygorystyczne stosowanie się do wytycznych dla robót strzałowych,
- prowadzenie kontrolnych pomiarów intensywności drgań lub monitoringu drgań,
- utworzenie bazy danych, mogącej stanowić materiał do analiz i ocen w czasie.

Wykształcenie dozoru górniczego i postępująca komputeryzacja kopalń oraz wymieniony zakres działań stały się punktem wyjścia do opracowania i zaproponowania modelu współpracy kopalń z jednostkami naukowo-badawczymi, który można ująć następująco (Winzer, Biessikirski 2002):

- podstawowe badania związane z propagacją drgań w górotworze, wyznaczanie optymalnych parametrów robót strzałowych oraz opracowanie kryteriów i warunków ochrony obiektów wykonują jednostki naukowo-badawcze, dysponujące odpowiednio dużym zapleczem

- aparaturowym i specjalistyczną kadram,
- projektowanie robót strzałowych według opracowanych wariantów oraz pomiary kontrolne prowadzi wykonawca robót przez zastosowanie odpowiedniego systemu programów komputerowych i urządzeń pomiarowych,
- jednostka naukowo-badawcza sprawuje nadzór specjalistyczny i serwisowy,
- tworzona w czasie robót baza danych jest przedmiotem analiz specjalistycznych, jak również materiałem dowodowym dla sądów w sprawach spornych o szkody górnicze.

Model ten przedstawiony na seminarium kończącym cykl budowy zapalarki „Explo-201”, stał się uzupełnieniem programu opracowanego w 1987 roku, znajdując akceptację finansujących zakładów górniczych (Onderka i in. 2002). Ponownie, wymieniony wcześniej zespół zakładów górniczych, podjął się finansowania prac projektowych i budowy prototypu systemu do projektowania i kontroli robót strzałowych, nazwanego wtedy roboczo Stacją Monitoringu Drgań.

Aparatura ta stała się początkiem kolejnych działań, które wykorzystując coraz większe możliwości łączności bezprzewodowej, transmisji i archiwizacji danych, doprowadziły do budowy systemu Kopalniana Stacja Monitoringu Drgań (KSMD) (rys. 3) (Biessikirski i in. 2001, Winzer 2006).

Idea KSMD to realizacja pomysłu na nowoczesną pracę inżyniera strzałowego. Pierwsza wersja systemu obejmowała całość zagadnień związanych z wykonywaniem bezpiecznych



Rys. 3. Kopalniana Stacja Monitoringu Drgań – model z roku 1996

Fig. 3.. Vibration Monitoring Station – model 1996

dla otoczenia robót strzałowych po dokumentowanie oddziaływania tych robót na zabudowania (Orderka i in. 2003; Winzer, 2006, Winzer i in. 2008).

- Szeroki zakres czynności realizowany był przez (rys. 4):
- projektowanie bezpiecznych dla otoczenia robót strzałowych – program PORS 32 – bazą dla programu była sytuacja geodezyjna wyrobiska i zabudowań w otoczeniu,

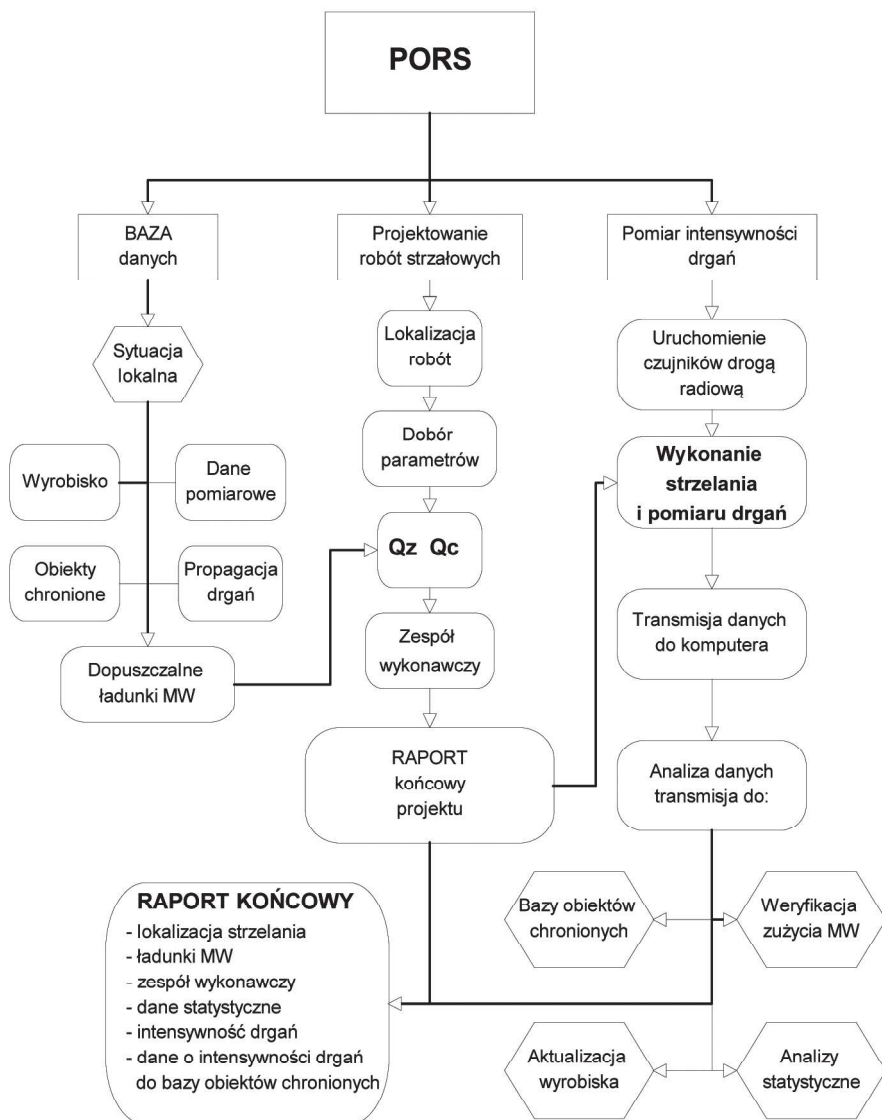
wyznaczone dopuszczalne ładunki MW dla danej kopalni.

- uruchomienie drogą radiową mierników drgań zainstalowanych w budynkach w otoczeniu, wykonanie strzelania i pomiaru drgań, transmisja danych pomiarowych do programu PORS 32, weryfikacja prognozy oddziaływania z wartościami zmierzonymi, ocena oddziaływania za pomocą skal SWD, archiwizacja wszystkich danych.

Prace projektowe, konstrukcyjne i wdrożeniowe nad KSMD były finansowane, za pośrednictwem Fundacji Nauka i Tradycje Górnicze, przez wspomniany już zespół kopalń odkrywkowych. Bez tego wsparcia finansowego system KSMD nie miał szans na powstanie.

Po zakończeniu każda z kopalń współfinansujących projekt otrzymała egzemplarz KSMD wyposażony w dwa stanowiska pomiarowe, system zarządzający PORS (sterowanie, łączność, analizy, oceny, archiwizacja).

Oczywiście zbudowanie systemu KSMD było znowu tylko początkiem dalszych działań nad jego doskonaleniem. Ważnym etapem modernizacji systemu KSMD było wprowadzenie łączności GSM - w przypadku telefonii komórkowej istnieje możliwość nie



Rys. 4. Schemat blokowy działania Kopalnianej Stacji Monitoringu Drgań

Fig. 4. Block diagram of the Mining Vibration Monitoring System

tylko przesyłania na odległość danych w postaci maksymalnych wartości parametrów drgań, ale również pełnych ich przebiegów, co jest bardzo ważne w przypadku prowadzenia szczegółowych analiz oddziaływania z zastosowaniem filtrowania tercjowego. Druga ważna zaleta tego systemu to praktycznie już nieograniczony zasięg łączności, co stwarza możliwości przesyłania pełnych danych na dowolną odległość.

Zastosowanie łączności GSM usprawniło komunikację stacji bazy ze stacjami pomiarowymi, a jednocześnie umożliwiło organizację centralnego systemu sterowania i analiz w Akademii Górniczo-Hutniczej – Katedrze Górnictwa Odkrywkowego (Laboratorium Robót Strzałowych i Ochrony Środowiska). Laboratorium, zgodnie z umowami podpisanymi z poszczególnymi kopalniami, ma dostęp do wyników i prowadzi bieżącą kontrolę intensywności i ocenę oddziaływania drgań na poszczególne obiekty budowlane, sporządzając kwartalne raporty, jednocześnie archiwizując dane na serwerze (Pyra i in. 2015).

W 2011 roku, przy współpracy z firmami Exploconsult Sp. o.o. i A-STER Zakład Elektroniki i Automatyki Przemysłowej, została opracowana nowa wersja KSMD (rys. 5). Myślą przewodnią dokonanych zmian było uelastyczenie pracy systemu przez (Winzer i in. 2016):

- bezpośredni kontakt stacji pomiarowej z centralnym serwerem,
- ograniczenie obsługi przez operatora,
- wykorzystanie bezprzewodowej łączności internetowej (komórka, tablet, komputer),
- gromadzenie danych na serwerze z możliwością dostępu do nich w każdej chwili bez konieczności nawiązywania połączenia ze stacją pomiarową,
- zdalne prowadzenie serwisu i dokonywanie zmian w oprogramowaniu stacji pomiarowych.

Zaproponowany nowy model KSMD spotkał się z dużym zainteresowaniem i większość pracujących systemów została poddana modernizacji już w latach 2012 i 2013.

Podstawowym ogniwem nowego systemu jest Kopalniana Stacja Pomiaru Drgań KSPD (rys. 6), wyposażona w 3-osiowy miernik prędkości drgań oraz szereg układów przetwarzania i gromadzenia danych pomiarowych. Integralną częścią stacji jest modem GSM/GPRS automatycznie przesyłający zebrane pomiary do serwera KSMD.

Serwis internetowy służy do zarządzania stacjami oraz pomiarami przez nie wykonywanymi. Za jego pomocą można



Rys. 6. Kopalniana Stacja Pomiaru Drgań – model 2012
Fig. 6. Vibration Measurement Station – model 2012

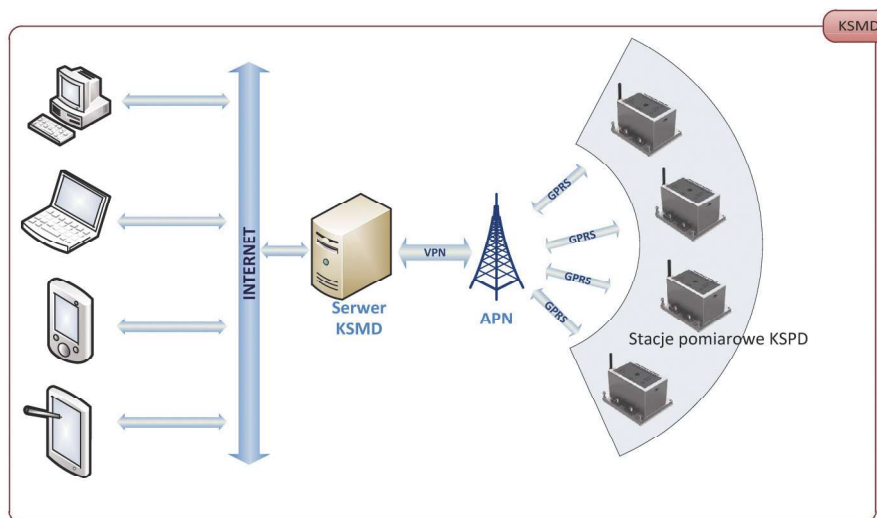
przeglądać wykonane pomiary, generować raporty, zarządzać urządzeniami, budynkami oraz użytkownikami systemu.

Najważniejszą zaletą nowego systemu jest gromadzenie danych pomiarowych na serwerze – stacja pomiarowa KSPD po zapisaniu zdarzenia w pamięci automatycznie nawiązuje kontakt i przesyła dane do serwera. W przypadku wystąpienia problemów z łącznością, transmisja danych jest ponawiana aż do skutecznego przekazania danych. Jest to bardzo ważne, gdyż KSPD nie przechowuje danych, tylko serwer KSMD. W efekcie operator systemu, w zakresie prowadzenia analiz czy korzystania z bazy danych, współpracuje tylko z serwerem.

Podstawowe funkcje analityczne proponowane przez KSMD:

- raport oceny oddziaływania drgań na obiekt dla pojedynczego zdarzenia,
- analiza przebiegów drgań,
- analiza z zastosowaniem skal SWD dla pojedynczego zdarzenia i za dany okres czasu,
- eksportowanie danych w formie pełnych zapisów drgań jak i danych z bazy dokonywania specjalistycznych analiz i ocen.

Aktualnie w 18 kopalniach odkrywkowych pracuje już 48 stanowisk pomiarowych. Również Katedra Górnictwa Odkrywkowego wyposażona jest w dwie stacje pomiarowe, które wykorzystywane są dla celów badawczych i dydaktycznych oraz okresowo pracują one kontrolnie na zlecenie



Rys. 5. Kopalniana Stacja Monitoringu Drgań – model 2012
Fig. 5. Vibration Monitoring Station – model 2012

kopalni i innych przedsiębiorstw prowadzących roboty z użyciem MW (roboty tunelowe, wyburzeniowe). Należy zdawać sobie sprawę, że dzięki temu, w sposób ciągły, dokumentowane jest oddziaływanie robót strzałowych na zabudowania w otoczeniu. Przez lata pracy systemu KSMD udokumentowano dziesiątki tysięcy zdarzeń.

4. Podsumowanie

Było wiele innych ważnych wydarzeń w historii zespołu ds. techniki strzelniczej:

- organizacja konferencji Technika Strzelnicza w Górnictwie w latach 1993, 1996, 1998, 2001, 2004, 2007, 2013 i 2015, w których każdorazowo brało udział od 150 do 200 uczestników,
- organizacja, wspólnie z firmą Nitro Nobel Poland i zakładami górniczymi Białego Zagłębia, strzelań doświadczalnych z zastosowaniem mechanicznego załadunku MW emulsyjnego i systemu nielektrycznego Nonel – rok 1997,
- organizacja, wspólnie z Stowarzyszeniem Polskich Inżynierów Strzałowych, seminarium na temat oddziaływania robót strzałowych na otoczenie – rok 2008,
- organizacja, wspólnie z Stowarzyszeniem Polskich Inżynierów Strzałowych i firmą Orica Poland, prezentacji systemu elektronicznego *i-kon*, w CLTSiMW AGH w Regulicach – rok 2008,
- w latach 2004 do 2011 przygotowanie i obrona trzech prac doktorskich z zakresu techniki strzelniczej i oddziaływania robót strzałowych na zabudowania w otoczeniu,
- wydanie 4 monografii o tematyce związanej bezpośrednio z działalnością laboratorium.

Obecnie, pracownicy zajmujący się problematyką zastosowania materiałów wybuchowych w górnictwie i budownictwie posiadają uprawnienia Rzecznawcy Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, są członkami Komisji Kwalifikacyjnej w zakresie egzaminowania osób starających się o dostęp do materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego. Są czynnymi wykładowcami i organizatorami kursów (w ramach działania Ośrodka Szkolenia Zawodowego) w zakresie szeroko rozumiej techniki strzelniczej, zarówno w górnictwie, jak i w budownictwie, procesach produkcyjnych i badaniach. Są członkami Polskiego Komitetu Normalizacyjnego w zakresie norm dotyczących badań materiałów wybuchowych. Posiadają kwalifikacje do wykonywania i nadzorowania robót z użyciem MW przeznaczonych do użytku cywilnego oraz do nadzorowania robót strzałowych w górnictwie. Posiadają również pełnomocnictwo Rektora AGH do wydawania opinii o możliwości spełnienia warunków technicznych i organizacyjnych podczas prac z użyciem materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego.

Literatura

BIESSIKIRSKI R. 1993 - Wybrane informacje na temat konstrukcji i testowania zapalarki milisekundowej. Konferencja: Problemy techniki strzelniczej w górnictwie – perspektywy rozwoju. Kraków: Wydawnictwo ZG AGH, 347/91, s. 61-64.

BIESSIKIRSKI R. 1996 - Zapalarka milisekundowa Explo-201. Konferencja: Technika strzelnicza w górnictwie, Jaszowiec. Kraków: Wydawnictwo IGSMiE PAN, s. 47-67.

BIESSIKIRSKI R., SIERADZKI J., WINZER J. 1997 - Minimalizacja szkodliwego oddziaływania robót strzałowych na otoczenie jako kierunek prac badawczych prowadzonych w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego AGH. Górnictwo Odkrywkowe a Ochrona Środowiska – Fakty i mity. Kraków, s. 367-378.

BIESSIKIRSKI R., SIERADZKI J., WINZER J., NOWAK B. 1998 - Monitoring drgań parasejsmicznych – program obsługi robót strzałowych. Konferencja „Technika strzelnicza w górnictwie – Problemy urabiania skał” Jaszowiec. Wydawnictwo IGSMiE PAN Kraków, s. 343-352.

BIESSIKIRSKI R., SIERADZKI J., WINZER J. 2001 - Kopalniana Stacja Monitoringu Drgań (KSMD). Konferencja „Technika strzelnicza w górnictwie” Jaszowiec 2001, s. 485-499.

MACIĄG E., WINZER J., BIESSIKIRSKI R. 2007 – Metodyka postępowania w ochronie otoczenia w przypadku robót strzałowych. WUG, Katowice, „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 9(157)/I, s. 56-60.

MORAWA R. 2015 - 40 lat Centralnego Laboratorium Techniki Strzelniczej i Materiałów Wybuchowych, Technika strzelnicza w górnictwie i budownictwie, konferencja naukowo-techniczna: 7-9 października 2015 roku, Ustroń, Agencja Wydawniczo-Poligraficzna „ART-TEKST”, Kraków, s. 83-96.

ONDERKA Z., BIESSIKIRSKI R., SIERADZKI J., WINZER J. 1993 - Badania intensywności drgań parasejsmicznych przy urabianiu złoża gipsów. Konferencja: Materiały Wybuchowe i Technika Strzelnicza – Aktualny stan i perspektywy rozwoju – Gliwice-Kraków, s. 90-98.

ONDERKA Z., BIESSIKIRSKI R., SIERADZKI J., WINZER J. 2002 - KSMD - System do monitorowania drgań powodowanych robotami strzelniczymi w otoczeniu kopalni odkrywkowych. Warsztaty 2002 – Rozwiązania inżynierskie dla potrzeb ochrony terenów górniczych. Wydawnictwo IGSMiE PAN Kraków, s. 199-211.

ONDERKA Z., SIERADZKI J., WINZER J. 2003 - Technika strzelnicza 2 - Wpływ robót strzelniczych na otoczenie kopalni odkrywkowych – AGH UWND Kraków.

ONDERKA Z., WINZER J. 2001 - Nonel Unidet – możliwości doboru opóźnień milisekundowych dla strzelania długimi otworami. Konferencja „Technika strzelnicza w górnictwie” Jaszowiec, s. 455-467.

ONDERKA ZB., WINZER J. 2002 – Odpalenie milisekundowe a intensywność drgań parasejsmicznych przy strzelaniu długimi otworami w kopalniach odkrywkowych. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa nr 43. Bezpieczeństwo robót strzałowych w górnictwie. Katowice, s. 137-142.

PYRA J., SOLTYS A., WINZER J. 2012 - Skomputeryzowane systemy do dokumentowania oddziaływania robót strzałowych na otoczenie kopalni odkrywkowych. Bezpieczeństwo Robót Strzałowych. GIG. Katowice, s. 79-88.

PYRA J., SOLTYS A., WINZER J. 2014 - Minimalizacja oddziaływania na środowisko przez zmianę struktury drgań wzbudzanych robotami strzałowymi. Nowe techniki stosowania materiałów wybuchowych. Główny Instytut Górnictwa. Katowice, s. 148 - 161

PYRA J., SOLTYS A., WINZER J. 2015 - Monitoring drgań wzbudzanych robotami strzałowymi – 2 lata pracy zautomatyzowanego systemu pomiarowego KSMD. „Przeгляд Górnicy” nr 7, s. 7-15.

SOLTYS A., PYRA J., WINZER J. 2014 - Opóźnienia milisekundowe a minimalizacja oddziaływania robót strzałowych na zabudowania w otoczeniu. „Przeгляд Górnicy” nr 10, s. 71-78.

SOLTYS A., PYRA J., WINZER J. 2015 - Badania efektu sejsmicznego a nowoczesne systemy odpalania ładunków MW. „Przeгляд Górnicy” nr 9, s. 69 - 77.

WINZER J. 1996 - Roboty strzałowe a szkody budowlane - Konferencja „Technika strzelnicza w górnictwie” Jaszowiec. Wydawnictwo IGSMiE PAN Kraków, s. 283-288.

WINZER J. 2006 - Dokumentowanie oddziaływania robót strzałowych na otoczenie kopalni odkrywkowych. Poltegor -Instytut, Wrocław, „Górnictwo Odkrywkowe”, nr 3-4, s. 159-167.

WINZER J., BIESSIKIRSKI R. 1996 - Uwagi o doborze opóźnienia milisekundowego ze względu na ograniczenie wielkości drgań parasejsmicznych. Konferencja „Technika strzelnicza w górnictwie” Jaszowiec. Wydawnictwo IGSMiE PAN Kraków, s. 297-306.

WINZER J., BIESSIKIRSKI R. 2002 - Działalność profilaktyczna w kopalniach odkrywkowych – Oddziaływanie robót strzałowych na otoczenie. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 10/98, s. 15-19.

WINZER J., BIESSIKIRSKI R. 2010 - Organizacja centralnego systemu dokumentowania oddziaływania robót strzałowych na otoczenie. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie WUG” nr 3, s. 12-19.

WINZER J., BIESSIKIRSKI R., PYRAJ. 2008 - O ocenie szkodliwego wpływu drgań wzbudzanych robotami strzałowymi na budynki w otoczeniu kopalń odkrywkowych. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie WUG” nr 5, s. 40-46.

WINZER J., BIESSIKIRSKI R., SIERADZKI J. 2001 - Uwagi praktyczne do nieelektrycznego odpalania długich otworów na przykładzie systemu Nonel Unidet. Konferencja „Technika strzelnicza w górnictwie” Jaszowiec, s. 241-251.

WINZER J., SIERADZKI J., SOLTYS A. 2008 - Dokumentowanie oddziaływania robót strzałowych na otoczenie kopalń odkrywkowych. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie WUG” nr 4, s. 26-35.

WINZER J., SOLTYS A., PYRAJ. 2016 - Oddziaływanie na otoczenie robót z użyciem materiałów wybuchowych. Wydawnictwa AGH. Kraków.

Artykuł wpłynął do redakcji – wrzesień 2019

Artykuł akceptowano do druku – 27.09.2019



THIELE

Fabryka Łańcuchów Przenośnikowych
i Technicznych Kuźnia Matrycowa

- Łańcuchy ogniowe górnicze i ogniwa złączne
- Łańcuchy zawieszowe i uchwyty transportowe
- Łańcuchy ogniowe nawęglane, kute i płytkowe



THIELE GmbH & Co. KG
Tel.: +49 2371-947 0



Werkstr. 3
Fax: +49 2371-947 295



58640 Iserlohn
info@thiele.de



Germany
www.thiele.de