

# Rozwój systemów inicjowania ładunków MW stosowanych w górnictwie odkrywkowym

## Development of explosive initiation systems in open pit mining



*Dr inż. Józef Pyra\**



*Mgr inż. Andrzej Biessikowski\**



*Mgr inż. Michał Dworzak\**



*Dr inż. Anna Soltys\**



*Dr inż. Jan Winzer\**

**Treść:** Roboty strzałowe to urabianie ośrodka skalnego z użyciem materiałów wybuchowych. Aby zapoczątkować reakcję detonacji należy prawidłowo zainicjować MW. Na przełomie lat w kraju i za granicą zmieniały i rozwijały się systemy do inicjowania ładunków MW. Technologia poszła w kierunku zwiększenia dokładności zadawania opóźnienia, zwiększenia bezpieczeństwa w trakcie robót strzałowych, a z drugiej strony sprawiła, że proces uzbrajania ładunków i projektowania sieci strzałowych stał się bardziej złożony. W artykule przedstawiono najważniejsze wady i zalety poszczególnych systemów i jak się zmieniały na przestrzeni lat.

**Abstract:** Blasting work is a quarrying process which is performed in a rock mass with the explosive material usage. To begin detonation process, the explosive material needs to be properly initialized. At the turn of the time, explosive initiation systems were changing and developing rapidly. Those works were carried on both in Poland and outside the country. The technology advanced in the direction of increasing accuracy of time delay and increasing safety during performing blasting works. This causes the charge arming process and blasting patterns design more complex. The main advantages and disadvantages of each initiating system were presented in the paper. The development of each system was presented as well.

### **Słowa kluczowe:**

*roboty strzałowe, systemy inicjacji, opóźnienia milisekundowe*

### **Key words:**

*blasting works, initiation systems, millisecond delays*

\* ) AGH w Krakowie

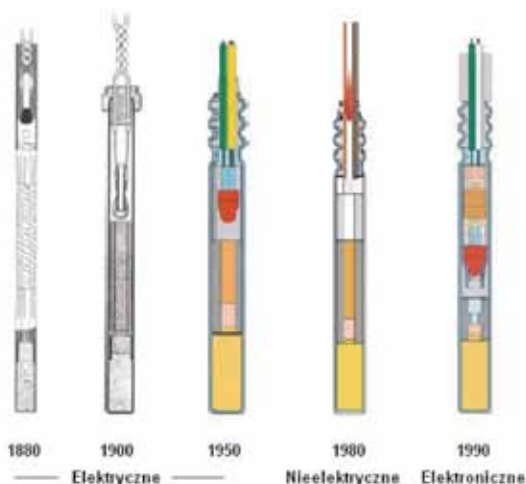
## 1. Wprowadzenie

Prawidłowo zaprojektowane roboty strzałowe maksymalizują pozytywne efekty, a minimalizują negatywne (najlepszym rozwiązaniem byłoby całkowite ich wyeliminowanie). Pod pojęciem pozytywnego efektu rozumie się oczywiście uzyskanie urobku o żądanej granulacji przy wysokości usypu dostosowanej do maszyn załadowniczych. Pozostałe efekty to już bardziej lub mniej kłopotliwe, niepożądane zjawiska, z którymi zakład górniczy musi sobie radzić. Do tych efektów zaliczamy: drgania parasejsmiczne, rozrzut odłamków skalnych, powietrzną falę uderzeniową, progi przyspągowe, nawisy skalne, nierówny ocios, bryły nadwymiarowe itp. Jednym z wielu czynników mających decydujący wpływ na prawidłowy proces urabiania ośrodka skalnego, z użyciem MW, jest odpowiednio dobrane opóźnienie międzystrzałowe.

Opóźnienie międzystrzałowe decyduje o rozdrobnieniu urobku, jego prawidłowym usypie, oraz o intensywności drgań parasejsmicznych. Zbyt małe opóźnienie zastosowane pomiędzy poszczególnymi ładunkami może zadziałać jak odpalenie serii otworów natychmiastowo, co spowoduje słabe wytworzenie się dodatkowych powierzchni odsłonięcia i wzrost intensywności drgań, ale za to lepsze rozdrobnienie urobku. Za duże opóźnienie powoduje dobre wykształtowanie się powierzchni odsłonięcia, nie do końca kontrolowany efekt sejsmiczny (może w niektórych przypadkach dojść do wzmocnienia drgań), a także gorsze rozdrobnienie urobku (brak współdziałania ze sobą sąsiadujących ładunków w otworach) i w niektórych przypadkach pogorszenie stanu ociosu [12].

Precyzyjne zadanie opóźnienia międzystrzałowego jest kluczowe dla minimalizacji intensywności drgań wzbudzanych robotami strzałowymi. Dlatego też na przestrzeni XIX i XX wieku zmieniały się systemy inicjowania, poczynając od elektrycznego, poprzez nieelektryczny aż do systemu elektronicznego (rys. 1).

Wszystkie udoskonalenia zmierzały w kierunku uzyskania precyzyjnego opóźnienia z jednoczesnym poszerzeniem możliwości doboru opóźnienia. Bardzo ważnym efektem zmian było również podniesienie bezpieczeństwa wykonywania robót.



Rys. 1. Rozwój zapalników [16]

Fig. 1. Development of detonators [16]

We wszystkich typach odpalania czasowego obowiązuje podstawowa zasada, aby poszczególne ładunki w otworach strzałowych odpalane były kolejno, a co za tym idzie, aby miały jak największą liczbę powierzchni odsłonięcia, a rzeczywisty czas opóźnienia pomiędzy kolejnymi ładunkami były większy bądź równy 8 ms.

## 2. Elektryczny system odpalania ładunków MW

Zanim weszły na rynek polski systemy nieelektryczny i elektroniczny, był na szeroką skalę stosowany system elektryczny. W systemie elektrycznym główną część stanowi zapalnik, który ze względu na rodzaj (podział ze względu na czas zadziałania) dzieli się na:

- *mikrosekundowe* (U) – o czasie zadziałania poniżej 1 ms,
- *natychmiastowe* (N) – o czasie zadziałania od 1 ms do 10 ms,
- *milisekundowe* (M) – o znamionowym czasie zadziałania stopnia pierwszego od 11 ms do 100 ms,
- *półsekundowe* (P) – o znamionowym czasie zadziałania stopnia pierwszego 0,5 s.

W górnictwie odkrywkowym stosuje się głównie zapalniki milisekundowe, których znamionowy czas zadziałania zmienił się na przestrzeni lat i obecnie wynosi 25 ms. W latach 60 ÷ 70 ubiegłego stulecia były stosowane krajowe zapalniki KZnPT-30/70, które posiadały 11 stopni opóźnienia od 30 ms do 70 ms. W tym samym czasie były dostępne czeskosłowackie zapalniki Dem-Cu zawierające 22 stopnie opóźnień (23 ms dla 18 pierwszych zapalników i 30 ms dla pozostałych). Również w tym okresie, w górnictwie podziemnym były stosowane zapalniki KZnPT-26, o opóźnieniu 26 ms (5 stopni opóźnień). Były one później również stosowane w górnictwie odkrywkowym [6].

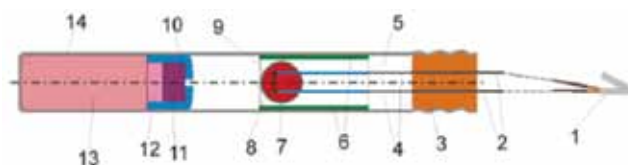
W Polsce są produkowane zapalniki elektryczne skalne, węglowe i metanowe z opóźnieniem czasowym 25 ms i w zależności od producenta liczba stopni opóźnienia wynosi najczęściej 15, ale bywa również mniejsza 12, lub większa 18 ÷ 20. Ponadto na rynku polskim, są dostępne również zapalniki elektryczne oferowane przez zagranicznych producentów o opóźnieniach 25 ms, 30 ms, 50 ms, z liczbą stopni opóźnień wynoszącą nawet 30.

System elektryczny inicjowania ładunków MW składa się z trzech podstawowych elementów:

- zapalnika elektrycznego,
- przewodów strzałowych,
- źródła prądu.

*Zapalnik elektryczny* – składa się z dwóch głównych części: zapalczącej i spłonkowej. Dodatkowo między częścią zapalczą, a spłonkową może występować opóźniacz. Prąd elektryczny przepływający przez cienki drucik żarowy ogrzewa go, w wyniku czego następuje zapłon niewielkiej ilości specjalnej masy palnej, która spalając się wytwarza płomień inicjujący część spłonkową zapalnika; a następnie ta inicjuje zasadniczy ładunek MW, umieszczony w otworze (rys. 2).

*Przewody strzałowe* – są to stalowe lub miedziane izolowane przewody o zadanej oporności służące do łączenia zapalarki z siecią zapalników.



Rys. 2. Budowa zapalnika elektrycznego [14]

Fig. 2. Construction of the detonator [14]

1 – szybkozłączce, 2 – przewody stalowe ocynkowane lub miedziane izolowane, 3 – trudnopalny korek gumowy uszczelniający, 4 – przewody odizolowane, 5 – komora powietrza, 6 – osłonka izolująca, 7 – główka zapalcząca, 8 – masa palna, 9 – mostek żarowy, 10 – czapeczka z otworkiem, 11 – ładunek pierwotny, 12 – ładunek pośredni (podsypka pentrytowa), 13 – ładunek wtórny, 14 – luska miedziana, aluminiowa lub cynkowa

*Zapalarka elektryczna* – to urządzenie służące do odpalania zapalników elektrycznych. Są źródłami krótkiego impulsu elektrycznego dużej mocy.

- Do najważniejszych zalet systemu elektrycznego należą:
- możliwości sprawdzenia poprawności połączenia sieci strzałowej z jednego miejsca za pomocą przyrządu pomiarowego,
  - prostota sieci strzałowej, zwłaszcza przy połączeniu szeregowym,
  - inne, indywidualne dla danego typu połączenia.
- Najważniejsze wady systemu elektrycznego to:
- zawodność elementów elektrycznych zapalnika,
  - brak odporności na prądy błądzące, elektryczność statyczną i fale elektromagnetyczne,
  - niska precyzja opóźnień,
  - ograniczona ilość stopni opóźnień.

Innym sposobem uzyskiwania opóźnień międzystrzałowego jest zapalarka milisekundowa. Pierwszy prototyp takiej zapalarki powstał w Zakładzie Techniki Strzelniczej Instytutu Górnictwa Odkrywkowego AGH w połowie lat siedemdziesiątych i oznaczony był symbolem ZT – 480t [2]. Późniejsza modyfikacja i udoskonalanie doprowadziły, przy udziale wybranych Zakładów Górniczych, do powstania zapalarki milisekundowej EXPLO-201 (rys. 3) [3]. Jest to zapalarka, która umożliwia odpalenie nawet do 60 zapalników elektrycznych (zależne od klasy zapalnika, rodzaju i długości przewodów zapalnika) z opóźnieniem 0,99 ms co 1 ms. Dzięki szerokiemu wachlarzowi opóźnień, zapalarka dawała nowe możliwości podczas projektowania robót strzałowych, ale również powodowała pewne problemy wynikające ze skomplikowanych sieci strzałowych. Stanowiła ona odpowiednik pierwszych elektronicznych systemów inicjowania ładunków MW. Opóźnienie było zadawane w sposób elektroniczny na zapalniki elektryczne natychmiastowe, które mają bardzo mały rozrzut czasów zadziałania, przez co zadane opóźnienie było bardzo dokładne. Do czasu wprowadzenia systemu nieelektrycznego do Polski, była z powodzeniem stosowana przez liczne zakłady górnicze. Jednakże z powodów finansowych prace nad dalszym rozwojem tej zapalarki zostały zaniechane.



Rys. 3. Zapalarka milisekundowa EXPLO-201 [3]  
Fig. 3. EXPLO-201 millisecond exploder [3]

### 3. Nielektryczny system odpalania ładunków MW

Pierwszy nieelektryczny system inicjowania został wprowadzony do stosowania w górnictwie w roku 1973 przez firmę Dyno Nobel i nosił nazwę NONEL [4, 11]. W Polsce po raz pierwszy system ten został dopuszczony do stosowania w roku

1996 [1]. Podstawowym elementem tego systemu był przewód sygnałowy mający postać rurki plastikowej wypełnionej substancją reaktywną o prędkości detonacji wynoszącej około 2100 m/s, co daje dodatkowe opóźnienie rzędu 0,5 ms/m. Uzyskał on, dzięki zamknięciu reakcji w rurce, przewagę nad systemem inicjowania lontem detonującym (wybucha cały).

Firma Dyno Nobel opracowała trzy różne systemy oparte na technologii NONEL [11]:

NONEL MS – przeznaczony do krótkich frontów eksploatacyjnych w górnictwie odkrywkowym, o 25 milisekundowych interwałach czasowych między poszczególnymi numerami opóźnień (zaczyna się od numeru opóźnienia 3, a kończy na 20). Zapalniki łączy się na powierzchni przy użyciu łączników natychmiastowych.

NONEL UNIDET – wszystkie zapalniki w sieci mają takie same opóźnienie (w przypadku stosowania dwóch zapalników w otworze na dno otworu wprowadza się zapalniki o stopniu opóźnienia np. 475 ms, a w górnych częściach ładunków zapalniki o opóźnieniu np. 500 ms), a sekwencja inicjowania jest wyznaczana na powierzchni za pomocą łączników opóźniających.

NONEL LP – jest systemem inicjowania przeznaczonym do robót strzałowych prowadzonych pod ziemią, gdzie są wymagane duże opóźnienia dla odpowiedniego urobienia i wyrzutu odspojonej skały z przodka. Zapalniki mają numery od 0 do 60 i mieszczą się w przedziale od 25 ms do 6000 ms, przy czym wzrost opóźnienia nie jest jednostajny (25, 100, 200, ..., 1000, 1110, 1235, ... 5500, 6000 ms).

W górnictwie odkrywkowym, ze względu na duży wachlarz opóźnień czasowych, bardzo popularnym stał się system NONEL UNIDET, którego podstawowymi elementami są: zapalniki Unidet, łączniki powierzchniowe Snapline, linia Dynoline oraz zapalarka DynoStart (rys. 4).



Rys. 4. Elementy systemu inicjacji NONEL UNIDET [11]  
Fig. 4. Initiation system components of the NONEL UNIDET [11]

*Zapalnik Nonel Unidet* – zapalniki typu NPED (ang. *Non Primary Explosive Detonator*) nie zawierają pierwotnego materiału wybuchowego (np. azydku ołowiu). W połączeniu z kształtką trotylową (heksogenowo – trotylową lub innym MW w naboju) stanowi nabój udarowy, który rozpoczyna reakcję detonacji ładunku MW umieszczonego w otworze strzałowym. Zapalniki są produkowane z opóźnieniami 400 ms, 425 ms, 450 ms, 475 ms i 500 ms).

*Łącznik powierzchniowy Snapline (Eclip)* – zapalnik umieszczony w specjalnej kształtce z tworzywa sztucznego, umożliwiającej podłączenie do 8 (w drugiej wersji do 5) rurek Dynoline od innych zapalników, które są inicjowane w obu kierunkach, o czasie zadziałania: 0/2 ms, 17 ms, 25 ms, 42 ms, 67 ms, 109 ms, 176 ms i 285 ms, do których przypisane są kolory.

*Linia Dynoline* – rurka składa się z 3 warstw wykonanych w taki sposób, że jest ona odporna na obciążenie wzdłużne, osiowe i na zamkanie. Przewód typu Nonel, pomimo zawartości niewielkiej ilości MW (około 20 mg pentrytu lub innej mieszanki reaktywnej na metr bieżący rurki), jest niewrażliwy na uderzenia, działanie termiczne i tarcie, a zachodząca w nim reakcja przewodzenia fali uderzeniowej, ze względu na swoją niską energię, nie powoduje żadnego zagrożenia dla człowieka i otoczenia.

*Zapalarka DynoStart* – jest zapalarką przeznaczoną do wytwarzania impulsu, który powoduje detonację MW napyłonego w rurce Dynoline.

Do zalet systemu NONEL należą:

- całkowita odporność na wszystkie zagrożenia elektryczne,
- zapalnik typu NPED (bez pierwotnego materiału wybuchowego),
- łatwe i szybkie łączenie sieci,
- wyższa niż w systemie elektrycznym precyzja opóźnień,
- duża ilość opóźnień czasowych,
- możliwość tworzenia dowolnych sieci strzałowych,

Wady systemu nieelektrycznego to:

- brak przyrządu pomiarowego do sprawdzenia poprawności połączenia sieci strzałowej – połączenia można sprawdzić jedynie wzrokowo i manualnie,
- rurki Nonel są jednorazowego użytku, dlatego zachodzi konieczność utylizowania odpadów.

Obecnie na rynku jest kilka systemów inicjowania nieelektrycznego, które są wykonywane na bazie systemu *NONEL*. Należą do nich między innymi systemy produkowane przez:

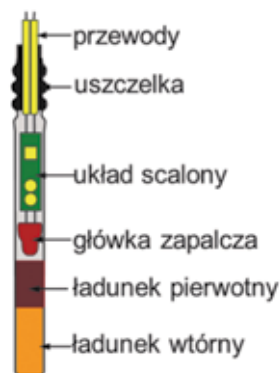
- czeską firmę Austin – *Indetshock*,
- polską firmę Nitroerg – *Nitronnel*,
- francuską firmę EPC GROUP – *Euronel*,
- australijską firmę Orica Mining Service – *Exel*,
- hiszpańską firmę Maxam – *Rionel*,
- chorwacką firmę Maxam Detines- *Detinel*.

#### 4. Elektroniczne systemy odpalania ładunków MW

Na świecie coraz większą popularność zdobywają systemy elektroniczne, które zbudowane zostały w wyniku współpracy firmy Orica i Dynamit-Nobel [5, 13]. 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 [15]. Na rynku polskim dostępne są również systemy firm: Maxam – *Riotronic*, SSE (dawne EPC Polska Sp. z o.o.) – *Hot Shot*, Nitroerg – *Ergonic*, *Nitronic*, Austin Powder Polska – *E\*star* czy kolejne systemy firmy Orica – *Unitronic 600*, *eDev II*.

W zależności od producenta i miejsca zastosowania danego systemu elektronicznego (podobnie jak w systemie nieelektrycznym, tak i w systemach elektronicznych powstają systemy dostosowane do konkretnego typu robót strzałowych np. do robót tunelowych, do robót inżynierskich, do robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym) można wyróżnić elementy składowe, tj.: zapalniki, urządzenia logujące, zapalarki, przewody obwodowe, urządzenia do zdalnego odpalania i wiele innych specyficznych dla danego systemu.

Zapalnik elektroniczny – są w pełni programowalne i posiadają wbudowany cyfrowy układ czasowy oraz przecho-wujący energię (rys. 5), umożliwiając im niezależne działanie w momencie gdy zostanie przesłany sygnał inicjujący [7, 8, 9, 10] W zależności od systemu, do łuski doprowadzone są dwa przewody – *i-kon*, i *E\*star*, *Riotronic DT*, *Unitronic 600* lub jeden przewód czterożyłowy – *HotShot*. Do połączenia zapalników w sieć używa się tzw.: „przewodów obwodowych” (*i-kon*, *E\*star*, *Riotronic DT*, *Unitronic 600*) lub zapalniki wyposażone są w specjalne klipsy, dzięki którym wykonujemy połączenia między zapalnikami (*HotShot* – rys.6).



Rys. 5. Schemat ideowy zapalnika elektronicznego [15]

Fig. 5. Construction of an electronic detonator [15]



Rys. 6. Schemat wykonywania połączenia zapalników w systemie HotShot [10]

Fig. 6. Scheme of detonators connection in the HotShot initiation system [10]

Przewody obwodowe – zazwyczaj są to podwójne skręcone miedziane lub stalowe przewody o zróżnicowanych przekrojach i długościach. Służą do tworzenia połączenia pomiędzy zapalnikami (*i-kon*, *E\*star*), lub połączenia sieci z urządzeniem logującym i zapalarką (*HotShot*).

Urządzenie logujące – są to podręczne urządzenia służące do autoryzacji i testowania, z wbudowaną pamięcią, służą do programowania (po ustanowieniu połączenia z zapalarką) opóźnień zapalników nadając opóźnienie z zakresu od 0 ms do 2000 ms, 4000 ms, 6000 ms, 8000 ms, 10 000 ms, 14 000 ms, 15 000 ms, czy 20 000 ms (zależnie od producenta) z interwałem czasowym co 1 ms. Konstrukcja i oprogramowanie urządzeń logujących nie umożliwia odpalenie zapalników, dlatego wykonywanie połączenia i logowanie zapalników jest w pełni bezpieczne [7, 8, 9, 10]. Logowanie zapalników odbywa się na różne sposoby, w zależności od typu logera. W systemie *i-kon*, *Logger* (rys. 9) umożliwia logowanie w czterech niezależnych trybach, w zależności od stopnia

skomplikowania siatki otworów strzałowych i przyjętych opóźnień. Najprostszy sposób umożliwia zadanie stałego opóźnienia, w wyniku czego opóźnienie w każdym kolejno przyłączanym zapalniku jest zwiększane o zadany czas. Do skomplikowanych robót strzałowych producent zaleca projektowanie z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego – *ShotPlus-i*, dzięki któremu można wszystko zaplanować w biurze, zgrać następnie całą sekwencję do *Loggera* i logować zapalniki bezpośrednio na miejscu wykonywania robót strzałowych. Oprócz funkcji logowanie, *i-kon Logger* cały czas dokonuje pomiaru upływu prądu z obwodu strzałowego. Z pomocą *Loggera* można na każdym etapie edytować zadane opóźnienia, przeglądać i testować zarówno pojedynczy zapalnik, jak i grupy zapalników [9].

W systemie *HotShot*, po wykonaniu całej sieci strzałowej z wykorzystaniem elementów dodatkowych, takich jak: złącze obwodu, złącze rzędu i złącze gałęzi, dokonujemy podłączenia do programatora – *Taggera* (rys 8, 9). Umożliwia on testowanie zapalników i obwodu, zadawanie opóźnień między rzędami, gałęziami i zapalnikami. W celu zaprogramowania zapalników należy umieścić go w zapalarni, w której oprócz miejsca na *Tagger*, jest również miejsce na klucz sprzętowy, bez którego nie ma możliwości odpalenia sieci strzałowej [10].



Rys. 7. Urządzenie logujące HotShot Tagger [10]  
Fig. 7. HotShot Tagger – the logging device [10]



Rys. 8. Zapalarka Riotronic DT [8]  
Fig. 8. Riotronic DT exploder [8]

Zapalarki – to ręczne urządzenia przeznaczone do cyfrowego inicjowania zapalników. Zazwyczaj obsługują jeden logger, chociaż niektóre zapalarki potrafią obsłużyć do 12 logerów (zapalarka *Blaster 2400* firmy Orica). Posiadają wbudowaną funkcję umożliwiającą zaprogramowanie i od-

palenie zapalników. Proces programowanie może odbywać się poprzez logger (wymagane połączenie zapalarki z loggerem) lub przez samą zapalarkę (po wcześniejszym zgraniu danych z logera). Są wyposażone dodatkowo w klucz sprzętowy, bez którego nie można uruchomić procedury programowania i odpalania zapalników. Zapalarki umożliwiają również testowanie obwodu w poszukiwaniu błędów i generują tzw. raport błędów. Ponadto zapisują całą sekwencję odpalenia wraz z numerami identyfikacyjnymi zapalników i przypisanymi im opóźnieniami, którą następnie można wydrukować lub zgrać na komputer (*i-kon Blaster*). W przypadku systemu *E\*star* (Rys. 10), dane z *Loggera* są zgrywane do zapalarki i wtedy istnieje możliwość odpalenia serii, natomiast w systemie *i-kon*, musi być wykonane połączenie pomiędzy *Loggerem* i *Blasterem*. Dopiero w takiej konfiguracji z wykorzystaniem danych zapisanych w pamięci *Loggera* zapalarka programuje zapalniki, czyli dane trafiają do pamięci poszczególnych zapalników. Odpalenie również odbywa się w takim samym układzie.



Rys. 9. Urządzenie logujące – i-kon Logger [5, 9]  
Fig. 9. i-kon Logger – the logging device [5, 9]



Rys. 10. Zapalarka E\*star [7]  
Fig. 10. E\*star exploder [7]

Oprócz podstawowych elementów wchodzących w skład każdego elektronicznego systemu można spotkać się z dodatkowymi elementami. Przykładem takiego systemu jest *Unitronic 600*. W skład tego systemu dodatkowo wchodzi skaner typu 120/125 lub typu 200, tester sieci i urządzenie testujące lub tester RDI. Role urządzenia logującego pełnią w nim skanery, które bez wykonania połączenia z czytują kod identyfikacyjny bezpośrednio z etykiety zapalnika. Łączność pomiędzy urządzeniami jest bezprzewodowa (Bluetooth) lub za pomocą przewodów. Urządzenie jest wyposażone w szereg

dodatkowych funkcji ułatwiających zadawanie opóźnień. Urządzenia testujące umożliwiają precyzyjne rozpoznanie błędów, począwszy od błędów wynikających ze zniszczonej izolacji, a zakończywszy na błędzie główki zapalniczki, czy innego uszkodzenia zapalnika [9].

Urządzenia do zdalnego odpalania – niektóre systemy elektroniczne mają dodatkowe moduły umożliwiające zdalne odpalenie serii. Jeden moduł w postaci zapalarki znajduje się w sąsiedztwie odpalanej serii, a osoba dokonująca odpalania wraz z modułem radiowym, znajduje się w bezpiecznej odległości. Odpalenie odbywa się po przekazaniu drogą radiową sygnału odpalającego do zapalarki.

Do zalet systemów elektronicznych należą:

- odporność na zagrożenia elektryczne
  - łatwe i szybkie łączenie sieci,
  - wysoka precyzja opóźnień,
  - bardzo duża ilość stopni opóźnienia,
  - możliwość tworzenia dowolnych sieci strzałowych,
  - możliwość zdalnego odpalania sieci,
  - możliwość zaprojektowania całego strzelania w biurze.
- Wady systemu elektronicznego to:
- wysoka cena zakupu całego systemu i pojedynczego zapalnika.

## 5. Podsumowanie i wnioski

Rozwój technik odbywa się również bardzo prędko w zakresie wykonywania robót strzałowych, a tym samym w sposobie zadawania opóźnienia milisekundowego. W górnictwie odkrywkowym w dalszym ciągu można znaleźć jeszcze zakłady górnicze, które są wierne systemowi elektrycznemu (wynika to ze względów finansowych lub technologicznych). Jednak na chwilę obecną dominuje użycie systemu nieelektrycznego, pomimo braku możliwości sprawdzenia poprawności wykonania sieci strzałowej. Systemy elektroniczne dają nam bardzo duże możliwości poprawy pozytywnych efektów i ograniczenia negatywnych skutków robót strzałowych. Są one projektowane, aby minimalizować zagrożenie do minimum, a więc na pierwszym miejscu stawiane jest bezpieczeństwo użytkownika i otoczenia. Na etapie logowania nie ma możliwości przypadkowej inicjacji ładunków MW, należy wykonać szereg czynności, aby można było wysłać sygnał odpalający do zapalników. Podczas pierwszego kontaktu mogą się wydawać bardzo skomplikowane w obsłudze, jednak w miarę ich używania stają się bardzo proste i intuicyjne dla użytkownika. Należy również pamiętać, że od kwietnia 2015 roku użytkowników środków strzałowych będą obowiązywały nowe przepisy dotyczące prowadzenia ewidencji, a stosowanie systemów elektronicznych w znacznym stopniu może to ułatwić (każdy zapalnik elektroniczny ma zapisany w swojej pamięci indywidualny kod, który na etapie logowania jest wprowadzany do pamięci urządzenia,

a następnie może być zgrany do komputery, dzięki temu być może nie będzie konieczne skanowanie kodów matrycowych lub kreskowych z etykiet na przewodach). Należy jednak pamiętać, że nawet najbardziej nowoczesny system inicjowania ładunków MW nie zastąpi myślenia i doświadczenia inżyniera strzałowego.

## Podziękowanie:

Autorzy artykułu składają serdeczne podziękowania firmom: Austin Powder Polska Sp. z o.o., Maxam Polska Sp. z o.o., Orica Poland Sp. z o.o., SSE Polska Sp. z o.o. za udostępnione materiały do realizacji niniejszego artykułu.

## Literatura:

1. *Biessikirski R.*: Wybrane informacje na temat konstrukcji i testowania zapalarki milisekundowej. – Konferencja: Problemy techniki strzelniczej w górnictwie – perspektywy rozwoju. AGH w Krakowie, Kraków 1991
2. *Biessikirski R.*: Zapalarka milisekundowa Expo 201. – Konferencja: Technika strzelnicza w górnictwie. AGH w Krakowie, Jaszowiec 1996
3. *Biessikirski R., Sieradzki J., Winzer J.*: Uwagi praktyczne do nieelektrycznego odpalania długich otworów na przykładzie systemu Nonel Unidet. Konferencja: Technika strzelnicza w górnictwie – Problemu urabiania skał. AGH w Krakowie, Jaszowiec 2001.
4. *Cichoń M., Janusz M., Ostiadel W., Pietkiewicz K., Szumny M.*: System zapalników elektronicznych „i-kon” firmy Orica. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 09/2007, Katowice
5. *Gliński J.*: Strzelanie milisekundowe. Górnictwo Odkrywkowe nr 1, Wrocław 1969.
6. Materiały reklamowe firmy Austin Powder Polska Sp. z o.o.
7. Materiały reklamowe firmy Maxam Polska Sp. z o.o.
8. Materiały reklamowe firmy Orica Poland Sp. z o.o.
9. Materiały reklamowe firmy SSE Polska Sp. z o.o.
10. NONEL – Shot Pattern Guide – Dyno Nobel Inc. 2001
11. *Onderka Z., Winzer J.*, NONEL UNIDET - możliwości doboru opóźnień milisekundowych dla strzelania długimi otworami. Konferencja: Technika Strzelnicza w Górnictwie -Jaszowiec 2001. AGH w Krakowie, Wyd. Art.-Tekst. Kraków 2001
12. *Pietkiewicz K., Dusza R., Janusz E.*: Orica Mining Service – Polska, Europa, świat – komunikat. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 09/2007, Katowice
13. *Pyra J.*: Wpływ opóźnień milisekundowych na spectrum odpowiedzi drgań wzbudzanych detonacją ładunków materiałów wybuchowych. Rozprawa doktorska, (niepublikowana) WGiG AGH Kraków 2011
14. *Pyra J., Sołtys A., Winzer J.*: Zastosowanie systemów elektronicznych do odpalania ładunków MW. *Kruszywa* : produkcja, transport, zastosowanie; ISSN 2082-6605. — 2012 nr 4, s. 24÷31
15. *Reinders, P. Hammelmann, F.* (2004): Electronic Blasting & Blast Management – Past, Present & Future. *Proceeding of the Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*, 30th; Vol 1, p. 229÷238