

Stanisław KRZEMIENI, Adam DUDA  
Politechnika Śląska  
Janusz SOBIK  
ZG BYTOM III, Bytom

## KONCEPCJA WYKORZYSTANIA ŚWIATŁA CHEMICZNEGO W TECHNICIE BEZPIECZEŃSTWA PRACY W GÓRNICTWIE

**Streszczenie.** W artykule zaproponowano wykorzystanie światła chemicznego do oznaczania sytuacji potencjalnie niebezpiecznych na stanowisku pracy oraz w dowolnych miejscach wyrobisk górniczych. Przedstawiono zasady zastosowania sygnalizatorów chemiczno-światlnych jako alternatywne uzupełnienie rozwoju konstrukcji sygnalizatorów odblaskowych i fotowoltaniczno-akustycznych planowanych do zastosowania w procedurze PPSIO stanowiącej moduł wykonawczy Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Pracy, opracowanego w Politechnice Śląskiej w Gliwicach [8,9].

Wykorzystywanie światła chemicznego ma na celu udoskonalenie stosowanych w kopalniach sygnalizatorów osobistych, służących jako narzędzia do oznaczania przez górników takich stanów i sytuacji techniczno-ruchowych, które oceniają jako ryzykowne i niezgodne z ich osobistym poczuciem ładu i porządku oraz uznawanymi wzorcami bezpieczeństwa pracy. Przedstawiono również niektóre z wyników procedury PPSIO wdrożonej w ZG BYTOM III.

## CONCEPTION OF CHEMICAL LIGHT UTILIZATION IN OCCUPATIONAL SAFETY TECHNIQUE IN MINING

**Summary.** This article is a proposition of chemical light utilization to mark potentially dangerous situations in a workplace as well as in any other places in an underground mine. It presents rules of application chemical-light signals as an alternative supplement to reflective signals construction which are planned to be use in procedure PPSIO (a part of an executive module of Occupational Safety Management System done by Silesian Technical University in Gliwice[8,9]).

Chemical light is supposed to modify applied personal signals used by miners to mark risky situation in their opinion. The article introduce some results of PPSIO Procedure implemented BYTOM III Mine.

## 1. Wprowadzenie

Przepływ informacji pomiędzy ludźmi odbywa się za pomocą oddziaływania na ich receptorów zmysłów, głównie wzroku i słuchu. Komunikowanie się i przepływ informacji może być zrealizowany na wiele sposobów.

Posiadanie większej ilości informacji o otoczeniu, maszynach i przebiegu procesu daje poczucie pewności i bezpieczeństwa, natomiast niedoinformowanie lub całkowity brak podstawowych informacji jest przyczyną niepewności [1].

Do wypadków dochodzi często wskutek tego, iż informacja o otoczeniu i przebiegu procesu została niedoceniona, pominięta lub w ogóle jej nie było.

Podstawowe informacje o stanie bezpieczeństwa człowiek może czerpać z trzech źródeł:

- z nabytej wiedzy,
- z przykładów i wpływów zewnętrznych oraz osobistych przeżyć i doświadczeń,
- z własnego kodu dziedzicznego.

W pierwszym przypadku mamy do czynienia z korzystaniem z wiedzy, jaką nagromadzili górnicy w procesie uczenia się i rozwoju działalności wydobywczej, w drugim przypadku z procesu nabywania doświadczenia zawodowego, a w trzecim z informacją genetyczną niezbędną do „gry” biologicznej z otoczeniem (z naturą) [2].

Zachowanie się człowieka w sytuacji zagrożenia zależy od:

- natury samego zagrożenia,
- momentu, w którym się pojawiło,
- przewidywanej rozległości skutków i ich dotkliwości (ocena ryzyka),
- cech samego człowieka, takich jak: szybkość reakcji, zdolność do oceny zagrożenia, umiejętność opanowania lęku oraz gotowość do walki z zagrożeniem.

To, jak się ostatecznie zachowa człowiek w obliczu rzeczywistego zagrożenia, jest wypadkową tych, a także innych nie wymienionych tutaj czynników. Jest wszakże pewne, że dostarczenie człowiekowi odpowiedniej informacji o zagrożeniu wydatnie zwiększa skuteczność jego działania w warunkach zagrożenia życia lub zdrowia, a więc zapewnia mu wprost poczucie bezpieczeństwa, które jest jedną z podstawowych potrzeb egzystencjalnych człowieka.

## 2. Cel zastosowania systemu sygnalizatorów świetlikowych

W górnictwie w środowisku pracy zachodzi wiele zdarzeń i zjawisk, które powodują dynamiczne zmiany pogarszające środowisko bezpiecznej pracy.

Osobami, które najczęściej i jako pierwsze mają kontakt z tymi zmianami są bezpośredni pracownicy – wykonawcy procesów produkcyjnych.

Celem zastosowania procedury systemu sygnalizatorów odbłaskowych jest poprawa bezpieczeństwa pracy przez stworzenie możliwości wpływania na ten proces całej załogi zatrudnionej w kopalni węgla kamiennego.

W Zakładzie Ergonomii i Zarządzania Bezpieczeństwem opracowana została procedura partycypacji pracowniczej w systemie zarządzania bezpieczeństwem pracy, umożliwiającą aktywny udział pracowników w tym systemie. Procedura została przedstawiona w pracy doktorskiej „Modelowe ujęcie współodpowiedzialności i współdziałania pracowników w kreowaniu warunków bezpiecznej pracy w górnictwie” [9]. Jednym z narzędzi technicznych wykorzystywanych w tej procedurze jest sygnalizator osobisty, którego używanie zostało wprowadzone przez zakład, między innymi w kopalniach: „Murcki”, „Staszic”, ZG „Bytom III”. Sygnalizator ten jest używany przez pracowników kopalni do oznaczania miejsc potencjalnie (niebezpiecznych) wypadkowych i ostrzegania współpracowników o niebezpieczeństwie.

Oczywiście dobór odpowiednich metod przekazywania informacji jest uzależniony od warunków pracy.

Czynnikami wpływającymi na odpowiedni dobór metod i środków sygnalizacji w zespołach roboczych zatrudnionych w wyrobiskach podziemnych są [2,9]:

- charakter środowiska pracy pod ziemią,
- właściwości percepcyjne i motoryczne człowieka,

Ze względu na specyficzne warunki pracy na dole wybór metod przekazywania informacji jest ograniczony.

W procesie komunikowania się mają zastosowanie głównie bodźce fizjologiczne, takie jak:

- bodźce wzrokowe,
- bodźce słuchowe.

### Sygnalizacja wzrokowa

W zależności od przeznaczenia rozróżniamy następujące rodzaje sygnalizacji wzrokowej [2,8]:

- wzrokową sygnalizację jakościową, dostarczającą informacji o stanach, których nie można wyrazić w wartościach liczbowych, na przykład różnego rodzaju znaki, tablice, lampy ostrzegawcze,
- wzrokową sygnalizację ilościową dostarczającą informacji liczbowych o kontrolowanych procesach, np.: o napięciu, szybkości, ciśnieniu itp.

W szczególności sygnały wzrokowe stosuje się do :

- przekazywania informacji ilościowych,
- przekazywania informacji o cechach specyficznych wzrokowych,
- przekazywania informacji w warunkach hałasu,
- do przekazywania wielu informacji jednocześnie,
- przekazywania informacji dotyczącej przestrzeni,
- sygnalizacji w warunkach wymagających eksponowania dużej liczby sygnałów jeden po drugim.

Dostarczenie wzrokowych sygnałów jakościowych zależy od wielu czynników. Jednym z najważniejszych czynników wpływających na dostrzegalność wzrokowych sygnałów jakościowych jest ich wielkość kątowna. Najmniejszy kąt, przy jakim można dostrzec przedmiot obserwowany w optymalnych warunkach, wynosi ok. 10 sekund kątowych [2,8].

### Sygnalizacja słuchowa

Nośnikiem informacji przekazywanej za pośrednictwem narządu słuchu mogą być sygnały dźwiękowe.

Sztuczne sygnały dźwiękowe należy stosować w przypadku, gdy [2,8]:

- informacja jest bardzo prosta,
- odbiorca informacji zna kod niesiony przez sygnał,
- informacja wymaga natychmiastowej akcji,
- warunki są niesprzyjające do odbioru sygnałów słownych,
- kanały mowy są przeciążone,
- ważne jest zwielokrotnienie przestrzennego zasięgu sygnałów za pomocą urządzeń głośnomówiących .

W szczególności sygnalizację słuchową należy stosować do :

- przekazywania informacji specyficznie słuchowych,

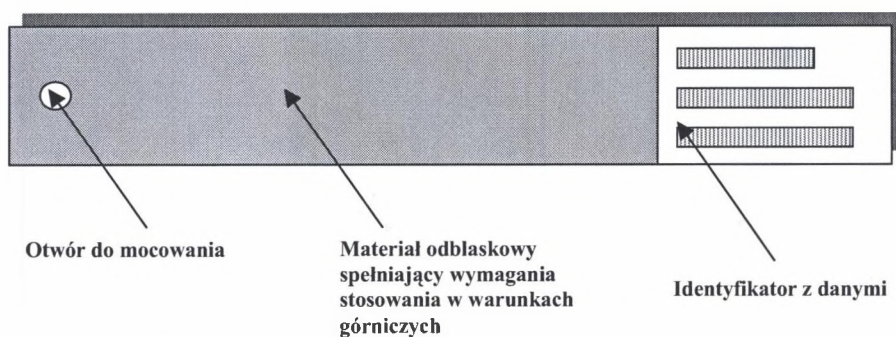
- sygnałów ostrzegawczych, zwłaszcza informujących o zbliżającym się niebezpieczeństwie (sygnały dźwiękowe odbierane są ze wszystkich kierunków, nie muszą znajdować się w określonym polu jak sygnały wzrokowe).
- eksponowania sygnałów wymagających możliwie najszybszej reakcji (czas reakcji na bodźce dźwiękowe jest krótki),
- przekazywania informacji niezależnie od usytuowania głowy w stosunku do źródła sygnału.

Dostrzegalność sygnałów słuchowych (dźwięków) zależy od ich intensywności (natężenia ciśnienia akustycznego) sygnału.

Najmniejsza wartość intensywności sygnału dźwięku, przy którym jest on słyszalny, zależy od natężenia i częstotliwości tego sygnału [2,8].

Najważniejszym i najbardziej uniwersalnym źródłem przekazu informacji o przebiegu procesu pracy są bodźce wzrokowe.

Obecnie powszechnie w systemie PPSIO stosowany jest sygnalizator odblaskowy zaproponowany przez Zakład Ergonomii i Zarządzania Bezpieczeństwem [1,2] (rys.1).



Rys. 1. Sygnalizator świetlikowy z materiału odblaskowego (sygnalizator luminescencyjny)  
Fig. 1. Glowing-signal made of reflective material (luminescent signal)

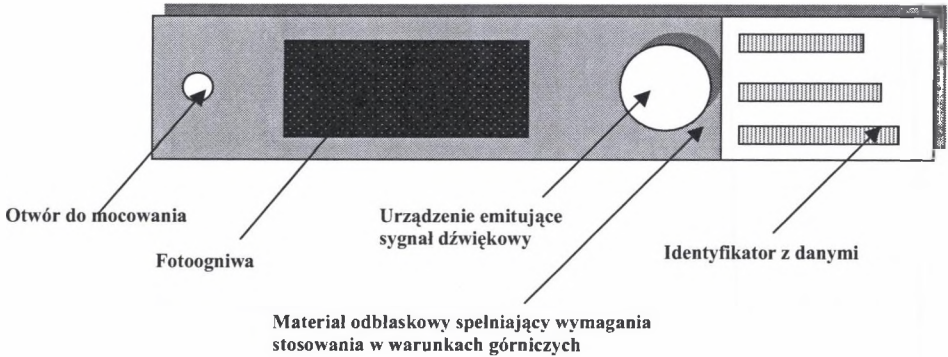
Aktualnie trwają dalsze prace nad sygnalizatorami fotowoltanicznymi, wyposażonymi dodatkowo w elementy emitujące również sygnały dźwiękowe ostrzegające pracowników o występującym zagrożeniu (rys.2.)[10].

W trakcie prowadzonych analiz zastosowania różnych rozwiązań i technik znakowania i ostrzegania o występujących sytuacjach odchyleniowych uwagę zwrócono na nowe możliwości wykorzystania światła chemicznego [10].

W pewnych miejscach i warunkach znacznie lepiej widoczne i lepiej spełniające rolę ostrzegania współpracowników mogą okazać się sygnalizatory - światła chemiczne (rys.3.).

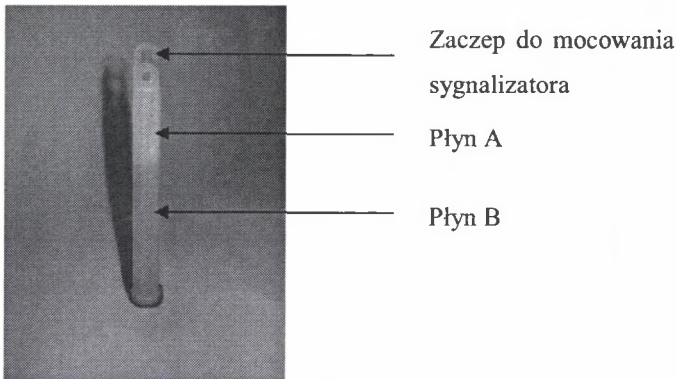


Sygnalizatory chemiczne działają na zasadzie chemiluminescencji. Chemiluminescencja związana jest z utlenianiem luminolu w środowisku alkalicznym w obecności aktywatorów [5,6].



Rys. 2. Sygnalizator świetlikowy z materiału odblaskowego wyposażony w fotoogniwa oraz urządzenie emitujące dźwięk

Fig. 2. Glowing-signal made of reflective material with photo-cells and device emitting sound



Rys. 3. Sygnalizator chemiczny [11]

Fig. 3. Chemical-signal [11]

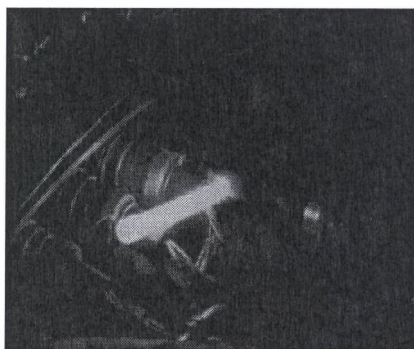
Ze względu na właściwości, jakie mają światła chemiczne, takie jak :

- nietoksyczność dla ludzi,
- niewytwarzanie temperatury,
- świecenie w zależności od potrzeb od 5 min do 12 godz.,
- moc światła najbardziej intensywnego dochodząca do 500 luksów,
- wodoszczelność,
- możliwość stosowania w temperaturach od  $-25$  do  $+50$  stopni Celsjusza,
- niepowodowanie iskier,

- niepalność,
- powinny być one zastosowane w górnictwie:
- dla ratowników górniczych (jako pakiet osobistego oświetlenie zapasowego) [rys. 4.],



Rys. 4. Zastosowanie światła chemicznego [11]  
Fig. 4. Chemical light application [11]



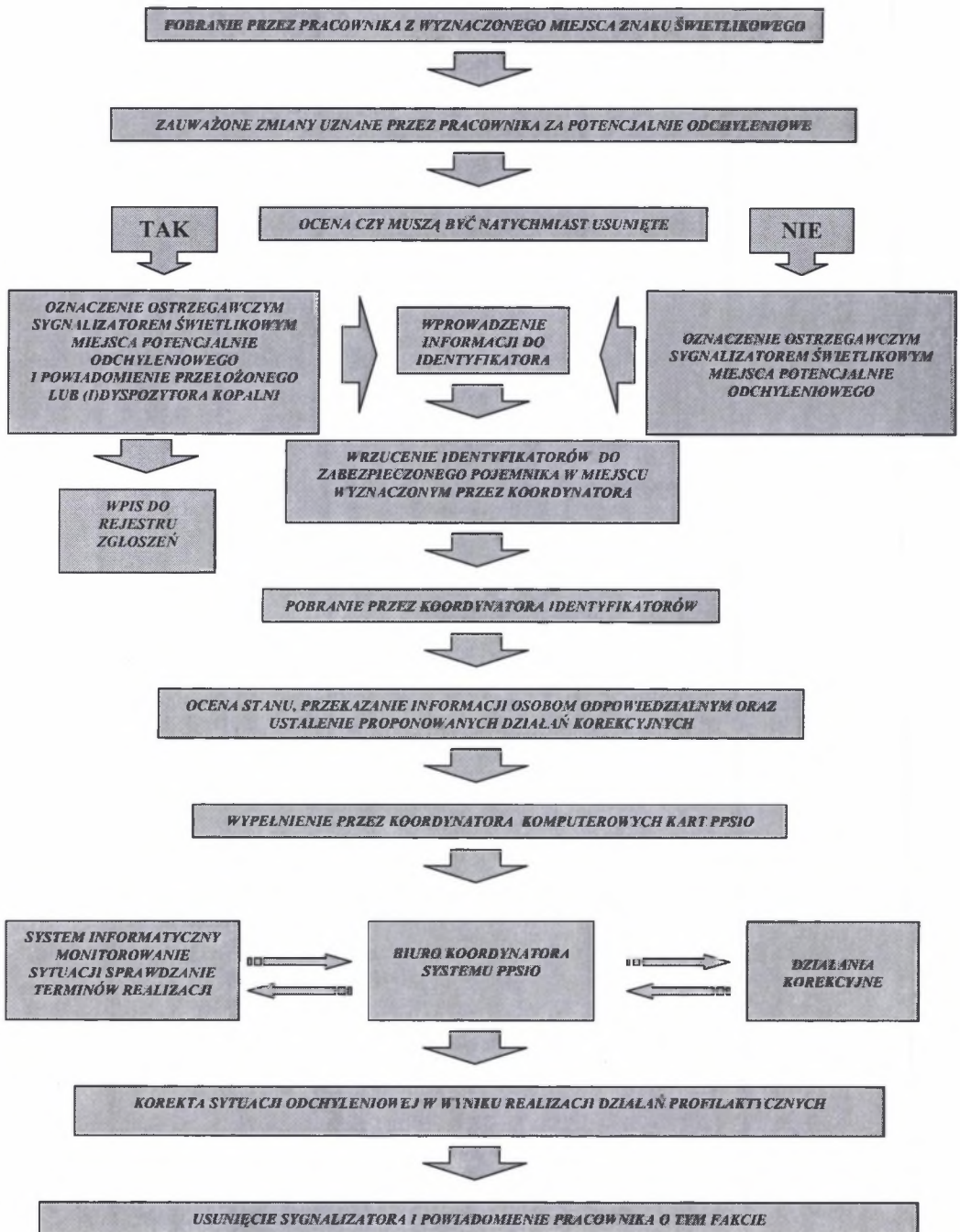
Rys. 5. Zastosowanie światła chemicznego [11]  
Fig. 5. Chemical light application [11]

- dla górników dołowych w strefach ryzyka zawałowego, wodnego i pożarowego,
- jako sygnalizator – światło aktywujące się w przypadku niedozwolonej ingerencji człowieka w miejscach zagrożeń (KWS-y, transformatory, elementy maszyn) [rys. 5].

### 3. Opis realizacji procedur oraz sygnalizowania ostrzegawczego w PPSIO

Realizacja procedur odbywa się według harmonogramu wdrożenia i zawiera przygotowane modele działań oraz pakiety szkoleń dla pracowników, m.in. można tu wymienić [4]:

- Przeprowadzenie szkolenia wśród wybranych pracowników, którzy następnie przekazują ideę oraz zasady stosowania systemu innym pracownikom.



Rys. 6. Poglądowy schemat działania systemu ostrzegania i informowania o miejscu i rodzaju nieprawidłowości

Fig. 6. Demonstrative diagram of warning and informing system about the place and a type of irregularity



- Nagłaśnianie i rozpropagowanie sytemu wśród wszystkich pracowników kopalni poprzez zastosowanie modelu popularyzacji systemu PPSIO.
- Przygotowanie stanowiska obsługi programu komputerowego wspomagającego działanie PPSIO (komputer + drukarka) oraz przeprowadzenie szkolenia w zakresie obsługi (PPSIO).

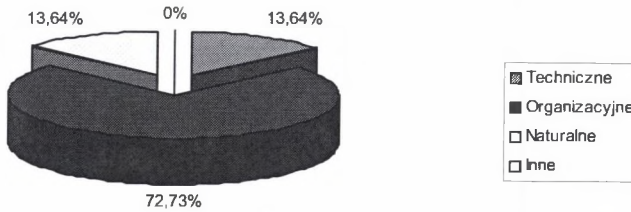
Poglądowy schemat działania systemu, ostrzegania i informowania o miejscu i rodzaju nieprawidłowości został przedstawiony na rys. 6.

Pracownicy dokonują własnej, subiektywnej oceny sytuacji odchyleniowej zgodnie z przyjętymi kryteriami, następnie dane o nieprawidłowej sytuacji w miejscu pracy wpisują do identyfikatora. Dane z identyfikatora są przenoszone przez koordynatora systemu do Komputerowej Karty Pracowniczego Systemu Informowania Ostrzegawczego, której fragment przedstawiono na rys 7.

Rys. 7. Fragment Komputerowej Karty PPSIO  
Fig. 7. Computer card's example of PPSIO

Wraz z wypełnieniem Komputerowej Kart PPSIO dane trafiają do specjalnego oprogramowania, które umożliwia m.in. archiwizację danych i generowanie statystyk. Na podstawie zaproponowanego w pracy [9] modelu można dokonać analizy zgłaszanych sytuacji pod względem przyczyn wywołujących je. Na wykresie zaprezentowano procentowe

udziały poszczególnych przyczyn dla oddziału przygotowania produkcji GRP-9 w maju 2004 w ZG Bytom III.



Rys. 8. Procentowy udział przyczyn wywołujących sytuacje potencjalnie niebezpieczne w miesiącu maju w oddziale GRP-9

Fig. 8. Percentage diagram showing causes of potentially dangerous situations in month May in department GRP-9

#### 4. Zakończenie

Zastosowanie systemu PPSIO jest prostym sposobem utrwalania bezpiecznych postaw i samoszkolenia pracowników. Wzięcie udziału pracownika w procedurach stosowania znaków świetlikowych umacnia jego poczucie odpowiedzialności za sprawy bezpieczeństwa pracy i czyni go aktywnym uczestnikiem w realizacji celów zarządzania bezpieczeństwem pracy w kopalni [7,8].

Zastosowanie światła chemicznego wzbogaca możliwość znakowania sytuacji potencjalnie niebezpiecznych i poprawia widoczność tego oznakowania. Duża uniwersalność i możliwość stosowania w trudnych warunkach sprawiają, iż światła chemiczne powinny znaleźć szerokie zastosowanie w kopalniach i innych przedsiębiorstwach.

#### LITERATURA

1. Krzemień S., Duda A., Wojtynek-Hochuł A.: Powszechny pracowniczy system zgłaszania informacji o potencjalnie niebezpiecznych nieprawidłowościach technicznych i nieprawidłowościach organizacyjnych w miejscu ich wystąpienia w kopalni. Krajowa i międzynarodowa współpraca pomiędzy związkami zawodowymi i pracodawcami na rzecz bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie oraz bezpieczeństwa środowiskowego. Międzynarodowa Konferencja. Polsko-Amerykańskie Stowarzyszenie BHP. Sosnowiec, luty 2001.
2. Krzemień S.: System oceny i kontroli ryzyka zawodowego w KWK "Budryk". Cz.II. Politechnika Śląska w Gliwicach. Praca NB – 196/RG-3/2000. Gliwice 2000.

3. Krzemień S.: Teoretyczne podstawy określania miar stanu zagrożenia bezpieczeństwa w wyrobiskach górniczych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo. z. 204. Gliwice 1992.
4. Kawski A.: „Fotoluminescencja roztworów”. PWN, Warszawa 1992r.
5. Pluciński T.: "Doświadczenia chemiczne". „Adamantan”, Warszawa 1997.
6. Strony internetowe poświęcone problematyce „światła chemicznego”: <http://www.chem.leeds.ac.uk>, <http://www.chem.leeds.ac.uk>, <http://www.shsu.edu>
7. Krzemień S.: Teoretyczne podstawy określania miar stanu zagrożenia bezpieczeństwa w wyrobiskach górniczych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo. z. 204. Gliwice 1992.
8. Krzemień S., Duda A.: Sposób organizowania powszechnego udziału pracowników kopalni dla zbierania informacji ostrzegawczych o zakłóceniach produkcyjnych i sytuacjach nieprawidłowych w miejscach ich występowania pod ziemią. Bezpieczeństwo i higiena pracy w górnictwie w krajach Europy Środkowoschodniej, Górnictwo w XXI wieku – problemy i szanse rozwoju. Międzynarodowa Konferencja. Polsko-Amerykańskie Stowarzyszenie BHP. Sosnowiec, luty 2002.
9. Duda A.: Modelowe ujęcie współodpowiedzialności i współudziału pracowników w kreowaniu warunków bezpiecznej pracy w górnictwie. Praca doktorska pod kierunkiem prof. S. Krzemienia. Politechnika Śląska, Gliwice 2004.
10. Krzemień S., Duda A.: Możliwość zastosowania światła chemicznego w procedurach partycypacyjnych Modułowego Partycypacyjnego Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Pracy. Propozycja wykorzystania światła chemicznego w górnictwym środowisku pracy. Aerodynamika w Hornictvi. Ostrava, grudzień 2003.
11. Materiały promocyjne firmy OmniGlow.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jan Wachowicz

## Abstract

This article is a proposition of chemical light utilization to mark potentially dangerous situations in a workplace as well as in any other places in an underground mine. It presents rules of application chemical-light signals as an alternative supplement to reflective signals construction which are planned to be use in procedure PPSIO (a part of an executive module of Occupational Safety Management System done by Silesian Technical University in Gliwice). Chemical light is supposed to modify applied personal signals used by miners to mark risky situation in their opinion. The article introduce different types of light signals and the basic working rules of chemical signals. It shows a diagram of warning and informing system about the place and a type of irregularity as well as some results of PPSIO Procedure implemented in BYTOM III Mine.