

dr inż. KAZIMIERZ MIŚKIEWICZ
dr inż. ANTONI WOJACZEK
Katedra Elektryfikacji i Automatykacji Górniczej
Politechniki Śląskiej
dr inż. PIOTR WOJTAS
Instytut Technik Innowacyjnych EMAG

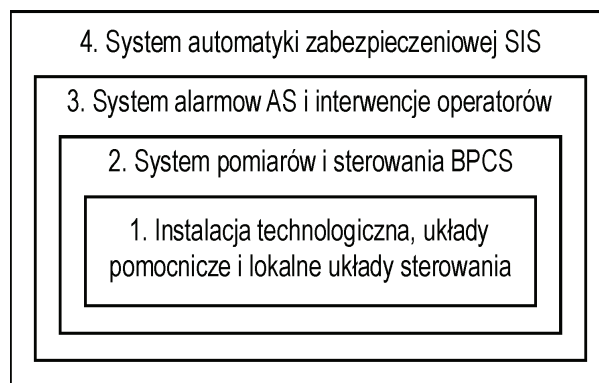
Bezpieczeństwo funkcjonalne i niezawodność dyspozytora w zakładzie przemysłowym na przykładzie kopalni podziemnej

Dyspozytornia jest istotnym elementem systemu sterowania, bezpieczeństwa i nadzoru procesów zachodzących we współczesnej kopalni głębinowej. W kopalni występuje szereg zagrożeń (np. zagrożenia wybuchem metanu, zagrożenia tapaniami). Dla zmniejszenia zbyt dużego poziomu ryzyka, w kopalniach stosuje się między innymi systemy gazo-metryczne, geofizyczne, alarmowo-rozgłoszeniowe, które wspólnie (pod nadzorem dyspozytorni zakładowej) tworzą tzw. elektryczny/elektroniczny/programowalny elektroniczny system (E/E/PES) związany z bezpieczeństwem. W artykule przedstawiono przykładową strukturę funkcjonalną dyspozytorni kopalni głębinowej; wskazano na rolę dyspozytora i pokazano możliwości oceny niezawodności dyspozytora.

1. WSTĘP

Prowadzenie działalności w wielu dziedzinach prowadzi często do powstawania różnego rodzaju ryzyka związanego z możliwością utraty życia, zdrowia, zniszczenia urządzeń (majątku o znacznej wartości) czy zagrożenia dla środowiska. W niektórych przypadkach ryzyko jest zbyt duże, co może się objawić szeregiem katastrof o dość rozległych skutkach. Przykłady takich zdarzeń można spotkać np. w energetyce jądrowej (katastrofa w elektrowni jądrowej Czernobyl¹), w przemyśle chemicznym (zakłady chemiczne Bhopal² w Indiach), petrochemicznym (pożar w rafinerii Milford Haven³, wybuch na platformie wiertniczej Piper Alpha na Morzu Północnym⁴). Również w polskim górnictwie w ostatnich latach mieliśmy do czynienia z katastrofami (KWK Halemba⁵, KWK Wujek-Śląsk⁶).

Tego rodzaju katastrofy (szczególnie w Czernobylu) zwróciły uwagę na **kulturę bezpieczeństwa** (ang. **Safety Culture**) jako istotny aspekt zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa, a także na tzw. „błędy intencji” (**errors of intention**). Błędy intencji dotyczą przypadków, kiedy operator uważa (błędnie), że postępuje właściwie i może uniemożliwić właściwą pracę systemów zabezpieczających [5].



Rys. 1. Wybrane warstwy zabezpieczeniowe w obiekcie podwyższonego ryzyka

¹ 26 kwietnia 1986 r.

² 2 grudnia 1984 r.

³ 24 lipca 1994 r.

⁴ 6 lipca 1988 r.

⁵ 21 listopada 2006 r.

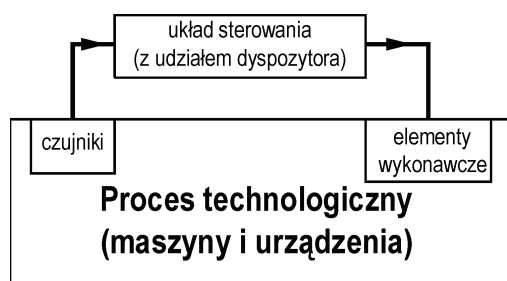
⁶ 18 września 2009 r.

W obiektach podwyższonego ryzyka (np. w przemyśle chemicznym) stosuje się szereg warstw zabezpieczeń pokazanych na rys. 1, [4], takich jak:

BPCS⁷ – system sterowania i pomiarów wykorzystujący komputerową wizualizację połączoną z archiwizacją danych i raportowaniem,

AS⁸ – system alarmowy informujący operatora o zagrożeniu awarią za pośrednictwem komunikatów, sygnałów wizualnych oraz dźwiękowych (stosując interfejs maszyna – człowiek HMI – ang. *Human Machine Interface*); operator w oparciu o otrzymane dane musi dokonać analizy sytuacji i wykonać odpowiednie działania zapobiegające możliwości wystąpienia awarii,

SIS⁹ – system automatyki zabezpieczeniowej wykonujący założone funkcje bezpieczeństwa w przypadku braku reakcji operatora na sygnały alarmowe.



Rys. 2. Ogólny schemat blokowy typowego systemu sterowania



Rys. 3. Ogólny schemat blokowy układu sterowania z zastosowaniem systemu E/E/PES realizującego funkcje bezpieczeństwa

Obniżenie zbyt dużego poziomu ryzyka (nieakceptowalnego) można uzyskać między innymi przez zastosowanie tzw. elektrycznego/elektronicznego/programowalnego elektronicznego systemu (E/E/PES)

⁷ ang. *Basic Process Control System*

⁸ ang. *Alarm System*

⁹ ang. *Safety Instrumented System*

związanego z bezpieczeństwem. Na rysunku 2 i rysunku 3 pokazano schematy blokowe systemów sterowania bez zastosowania i z zastosowaniem systemów E/E/PES. Często systemy E/E/PES tworzą dodatkową petlę oddziałującą na sterowany obiekt, realizując określone funkcje bezpieczeństwa.

Do analizy funkcji wyłączeń można zastosować formalne (ilościowe i jakościowe) metody bezpieczeństwa funkcjonalnego. Podejście do takiej analizy, obejmujące cały okres życia systemu z uwzględnieniem projektowania, produkcji i eksploatacji, przedstawiono między innymi w normach [PN-EN 61508 część 1-6].

2. BEZPIECZEŃSTWO FUNKCJONALNE – PODSTAWOWE POJĘCIA

Bezpieczeństwo jest to brak niemożliwego do zaakceptowania ryzyka fizycznego zranienia lub szkody [TR61508-0]. Jeżeli poziom ryzyka jest większy od akceptowalnego, to niezbędne jest zastosowanie odpowiednich systemów (SIS – *Safety Instrumented System*) elektrycznych, elektronicznych, elektronicznych programowalnych (E/E/PES), które powodują utrzymanie bezpiecznego stanu procesu w odniesieniu do konkretnych niebezpiecznych zdarzeń.

Bezpieczeństwo funkcjonalne jest częścią ogólnego bezpieczeństwa i dotyczy prawidłowego działania systemów E/E/PES. Dla każdego zdarzenia zagrażającego określa się funkcję bezpieczeństwa realizowaną przez E/E/PES.

Istotnym parametrem systemów E/E/PES jest **nienaruszalność bezpieczeństwa** rozumiana jako prawdopodobieństwo, że system związany z bezpieczeństwem wykona w sposób zadowalający wymagane funkcje bezpieczeństwa w określonych warunkach i w określonym przedziale czasu. Ilościową miarą nienaruszalności bezpieczeństwa jest **poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL – Safety Integrity Level)**. Definicję poziomów SIL podano w tabeli 1 [PN-EN 61508-3].

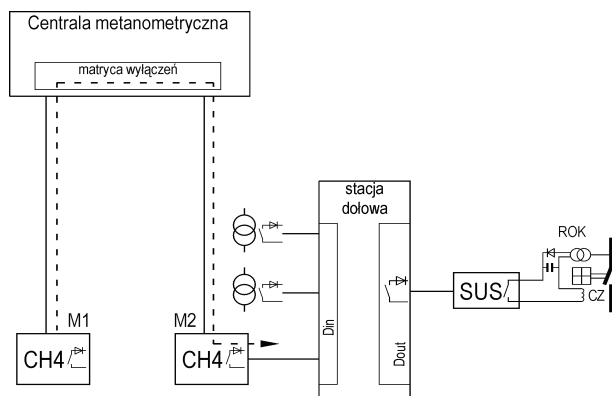
Tabela 1
Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa

SIL	Rodzaj pracy	
	Rzadkie przywołanie	Częste przywołanie lub praca ciągła
4	Średnie prawdopodobieństwo niewykonania funkcji bezpieczeństwa (P_{Favg}) 10^{-5} do 10^{-4}	Prawdopodobieństwo uszkodzenia niebezpiecznego na godzinę (F_{FD}) 10^{-9} do 10^{-8}
3	10^{-4} do 10^{-3}	10^{-8} do 10^{-7}
2	10^{-3} do 10^{-2}	10^{-7} do 10^{-6}
1	10^{-2} do 10^{-1}	10^{-6} do 10^{-5}

Rzadkie przywołanie oznacza, że system związany z bezpieczeństwem jest przywołany nie częściej niż raz na rok i nie częściej niż dwukrotnie testów okresowych. Częste lub ciągle przywołanie oznacza, że system związany z bezpieczeństwem jest przywoływany częściej niż raz na rok i częściej niż wynosi dwukrotnie testów okresowych [PN-EN 61508-6].

3. SYSTEMY GAZOMETRYCZNE JAKO PRZYKŁAD SYSTEMU REALIZUJĄCEGO FUNKCJĘ BEZPIECZEŃSTWA W KOPALNIACH GŁĘBINOWYCH

W przypadku kopalń z zagrożeniem wybuchem metanu jako system E/E/EP stosuje się system metanometryczny połączony z układem automatycznego wyłączenia energii elektrycznej w zagrożonym rejonie. Funkcją bezpieczeństwa w kopalnianych systemach gazometrycznych jest wyłączenie (bezpośrednie lub poprzez tzw. matrycę wyłączeń w centrali metanometrycznej na powierzchni) łącznika (np. ROK) w sieci elektroenergetycznej niskiego (NN) lub średniego (SN) napięcia w przypadku, gdy koncentracja metanu zmierzona przez metanomierz przekracza wartość dopuszczalną. Na rysunku 4 pokazano przykład struktury realizującej określoną uprzednio funkcję bezpieczeństwa [1].



Rys. 4. Przykład systemu gazometrycznego jako systemu związanego z bezpieczeństwem

W przykładzie z rysunku 4 pokazano 2 metanomiery M1 i M2 podłączone do centrali metanometrycznej. Styk wyłączający metanomierza M2 jest przyłączony do urządzenia pośrednicząco-kontrolnego, tzw. stacji dołowej. Wyjście stacji dołowej poprzez urządzenie separacyjne SUS oddziałuje na wyłącznik sieci elektroenergetycznej SN 6 kV.

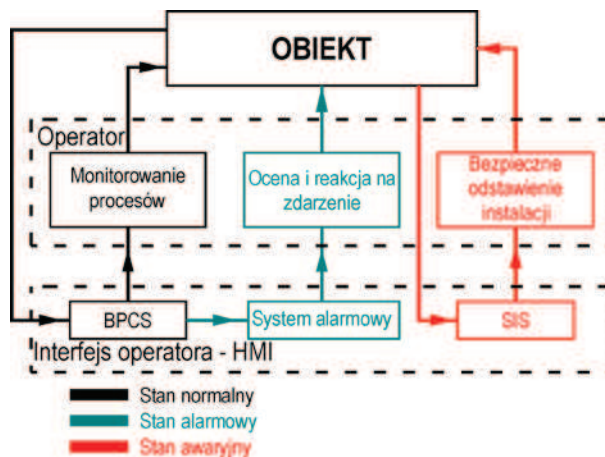
Przekroczenie dopuszczalnej koncentracji metanu zmierzonej przez metanomierz M1 również spowoduje (za pośrednictwem matrycy wyłączeń w centrali

metanometrycznej) otwarcie styku wyłączającego metanomierza M2. Droga informacji realizującej funkcje bezpieczeństwa została oznaczona linią przerywaną. Lokalizację metanomierzy oraz ich progi wyłączające określa Kierownik Działu Wentylacji zakładu górniczego, natomiast strukturę systemu wyłączeń (wyłączników wyłączających zasilanie), określa dział Głównego Elektryka.

W systemach gazometrycznych przy realizacji funkcji bezpieczeństwa zastosowano zasadę, że w razie dającego się przewidzieć uszkodzenia sprzętu lub braku poprawnej transmisji następuje uruchomienie funkcji bezpieczeństwa, która powoduje wyłączenie zasilania pewnego rejonu kopalni mimo, że **nie doszło do przekroczenia dopuszczalnej zawartości metanu w kontrolowanych wyrobiskach** (tzw. „bezpieczeństwo pozytywne”).

4. ROLA DYSPOZYTORA W SYSTEMACH STEROWANIA

W obiektach przemysłowych systemy sterowania, jak również systemy związane z bezpieczeństwem, powinny uwzględniać działanie człowieka bardzo często występującego jako operator (dyspozytor). Rolę operatora systemu przedstawiono w postaci schematu blokowego na rysunku 5 [4].

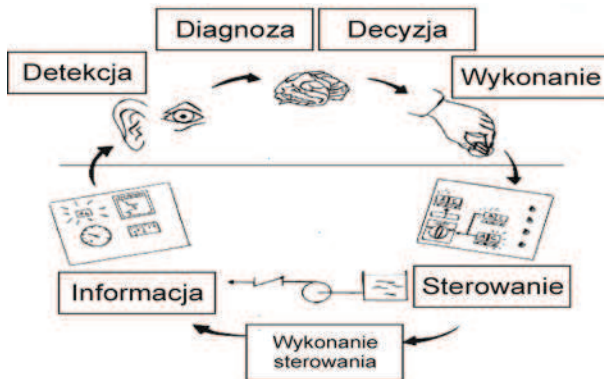


Rys. 5. Rola operatora w różnych stanach obiektu

Dyspozytor otrzymuje informacje z nadzorowanego procesu technologicznego za pośrednictwem takich urządzeń jak tablice synoptyczne, monitory systemów wizualizacyjnych (tzw. interfejs operatora HMI¹⁰), systemy łączności, systemy alarmowania, telewizja przemysłowa, systemy monitorowania. Następnie przeprowadza on diagnozę stanu nadzoro-

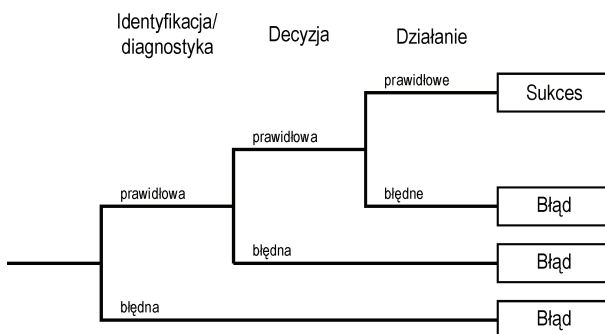
¹⁰ ang. Human Machine Interface

wanego procesu, podejmuje odpowiednie decyzje i oddziałuje na sterowany proces technologiczny elementami wykonawczymi (rys. 6). Na rysunku tym pokazano, w formie schematu blokowego, proces podejmowania decyzji przez operatora (dyspozytora) [16]. Proces podejmowania decyzji w sytuacji alarmowej można rozłożyć na pewne czynności elementarne i przedstawić w postaci drzewa zdarzeń.

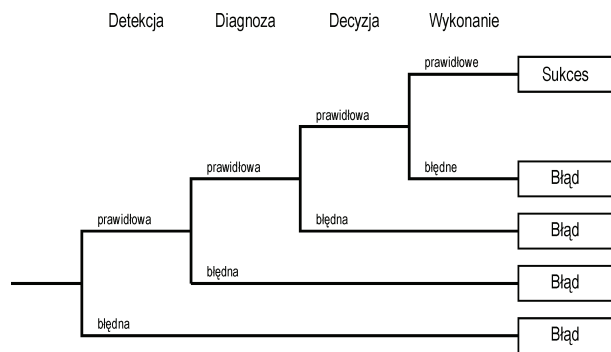


Rys. 6. Schemat blokowy interakcji między operatorem i procesem technologicznym

Przykłady drzew zdarzeń dla procesu podejmowania decyzji przez operatora pokazano na rysunku 7 i rysunku 8. Drzewo zdarzeń zawiera pewną liczbę czynności elementarnych wykonywanych kolejno po sobie. Każda z tych czynności elementarnych może być wykonana prawidłowo (zakończona sukcesem) lub nieprawidłowo (prowadząca do błęd). Sukces lub błąd zdarza się z określonym prawdopodobieństwem. Ponieważ człowiek (pełniący rolę operatora czy dyspozytora) jest elementem pewnego systemu technologicznego, dla oceny niezawodności całego systemu niezbędne jest również określenie „niezawodności człowieka”. Tego rodzaju niezawodność określa się za pomocą metod analizy niezawodności człowieka zwanej skrótowo HRA.¹¹



Rys. 7. Przykład dekompozycji zadań dyspozytora w sytuacji alarmowej w postaci drzewa zdarzeń [4]



Rys. 8. Przykład dekompozycji zadań dyspozytora w sytuacji alarmowej w postaci drzewa zdarzeń [16]

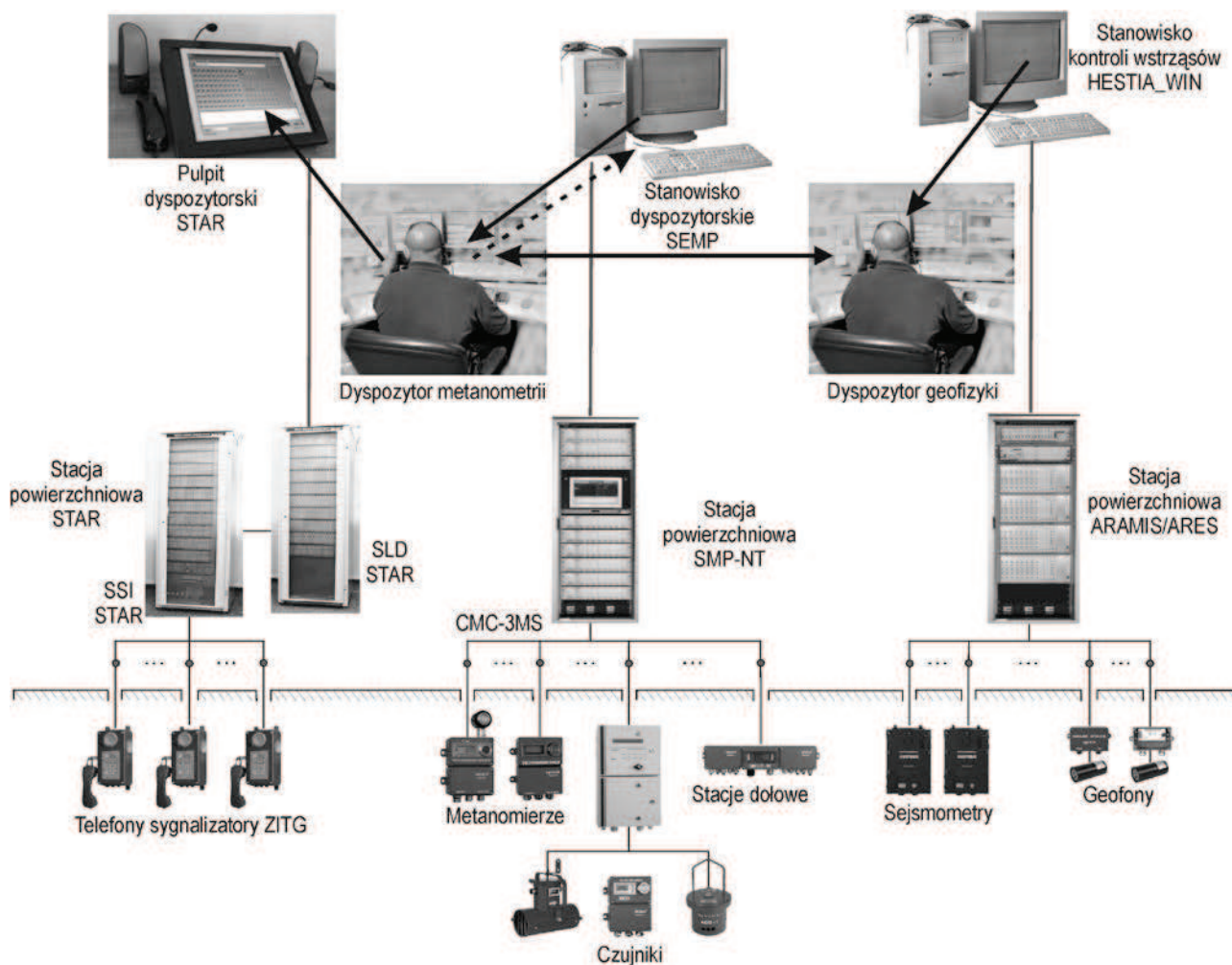
Suttinger i Sossman podali przykład analizy niezawodności układu automatyki zabezpieczeniowej (SIS) z uwzględnieniem niezawodności operatora [12]. Analiza została przeprowadzona z zastosowaniem drzewa niesprawności (*Fault Tree*), a prawdopodobieństwo błędnej reakcji operatora systemu na pojawienie się alarmu oszacowano jako równe 0,01.

W dyspozytorni kopalnianej funkcjonuje zazwyczaj kilku dyspozytorów: dyspozytor główny, dyspozytor metanometrii, dyspozytor geofizyki. Na rysunku 9 pokazano schemat blokowy funkcjonowania dyspozytorni kopalnianej obejmujący:

- alarmowanie (z wykorzystaniem np. Systemu Telefonii Alarmowo-Rozgłoszeniowej STAR) i ewakuacja załogi w przypadku przekroczenia dopuszczalnej zawartości metanu (System Metanowo-Pożarowy SMP),
- alarmowanie i ewakuacja załogi w przypadku wystąpienia zjawisk sejsmicznych,
- wyprzedzające wyłączenie zasilania w przypadku wystąpienia wstrząsów sejsmicznych.

Dyspozytor metanometrii otrzymuje informacje o wynikach pomiaru zawartości gazów w powietrzu (CH_4 , CO) oraz prędkości powietrza. Wyniki są prezentowane na ekranach monitorów, a w przypadku osiągnięcia stanów alarmowych przez mierzone wielkości generowane są alarmy (optyczne i akustyczne). W przypadku wystąpienia stanów alarmowych dyspozytor może w zależności od sytuacji nadać poprzez sygnalizatory alarmowe (ZITG) odpowiednie komunikaty dla załogi w wyrobiskach podziemnych. W przypadku stwierdzenia przez dyspozytora geofizyki zagrożenia tąpnięciami można korzystając z systemu łączności (ZITG) przeprowadzić ewakuację załogi z zagrożonego rejonu, a w przypadku wystąpienia wstrząsów przy pomocy systemu gazometrycznego zrealizować wyprzedzające wyłączenie zasilania urządzeń w zagrożonym rejonie.

¹¹ ang. Human Reliability Analysis



Rys. 9. Schemat blokowy funkcjonowania dyspozytorów kopalni w powiązaniu z systemem łączności alarmowej (STAR), systemem gazometrycznym (SMP-NT, SEMP) oraz systemami sejsmologii i sejsmoakustyki (ARAMIS/ARES)

5. NIEZAWODNOŚĆ DYSPOZYTORA

Integracja systemów gazometrycznych i alarmowania ma na celu w pewnym sensie „wyręczyć” dyspozytora z podejmowania niektórych akcji. Dla określenia, jak integracja wpłynie na niezawodność całego systemu, niezbędne jest określenie niezawodności czynności wykonywanych przez dyspozytora.

Niezawodność człowieka w systemach technicznych ocenia się stosując analizę niezawodności człowieka HRA. Człowiek, który jest elementem systemu może zawieść w następujący sposób [MANHAZ]:

- nie wykona przewidzianego zadania,
- wykona zadanie nieprawidłowo,
- wykona czynności prowadzące do degradacji (np. uszkodzenia) systemu technicznego, w którym funkcjonuje.

Czynniki wpływające na zachowanie się człowieka zwane PSF¹² można podzielić na:

- zewnętrzne, obejmujące środowisko pracy, takie jak: maszyny, urządzenia, instrukcje pisemne i ustne, a także stres,
 - wewnętrzne, wiążące się z indywidualnymi cechami osób,
 - czynniki stresujące.
- W analizie HRA wyróżnia się:
- poziomy czynników stresujących, takie jak:
 - bardzo niski (niewystarczający dla zachowania odpowiedniego poziomu czujności przy wykonywaniu zadań),
 - optymalny,
 - umiarkowanie wysoki,
 - bardzo wysoki;
 - zależności między różnymi zadaniami wykonywanymi przez człowieka, takie jak:
 - zerowa zależność,
 - niska zależność,
 - umiarkowana zależność,
 - wysoka zależność,
 - całkowita zależność;

¹² PSF – Performance Shaping Factors

– świadomość skutków błędu (obawa wyłączenia urządzenia ze względu na straty ekonomiczne, mimo że sytuacja awaryjna wymaga wyłączenia urządzenia).

Wyróżnia się następujące błędy popełniane przez człowieka:

- błędy pominięcia:
 - pominięcie całego zadania,
 - pominięcie kroku zadania;
 - błędy kolejności,
- błędy czasu wykonania zadania:
 - zbyt wcześnie,
 - zbyt późno;
- błędy jakościowe:
 - zbyt mało,
 - zbyt dużo.

Czynniki PFS dzielą się na 3 kategorie [7]:

- zewnętrzne w stosunku do człowieka,
- wewnętrzne związane z cechami osobniczymi,
- stresujące.

Zewnętrzne czynniki PFS obejmują:

- cechy sytuacyjne odnoszące się do:
 - rozwiązania miejsca pracy (np. dyspozytorni),
 - jakości środowiska pracy (temperatura, wilgotność, hałas, oświetlenie, wibracje),
 - godzin pracy i przerw w pracy,
 - zmienowości,
 - dostępności sprzętu, narzędzi i materiałów,
 - obsady stanowisk pracy,
 - struktury organizacyjnej,
 - zasad polityki w zakresie bezpieczeństwa,
 - systemów wynagradzania, nagród, motywacji, zainteresowania dobrą pracą;
- charakterystyki zadań i sprzętu:
 - wymagania percepcyjne,
 - wymagania co do przewidywania sygnałów i alarmów przy znacznym obciążeniu innymi zadaniami wymagającymi uwagi.

Sposób wykonania zadań przez dyspozytora dzieli się na:

- odruchy wyuczone – podświadome działanie wynikające z zapamiętanych wzorców zachowania,
- wyuczone zasady – działanie według zapamiętanych lub napisanych instrukcji,
- oparte na wiedzy – działanie w sytuacjach nierutynowych, gdzie istotną rolę odgrywają procesy poznawania i podejmowania decyzji.

Do analizy niezawodności człowieka stosuje się szereg metod. Do najważniejszych można zaliczyć następujące [6]:

- THERP – *Technique for Human Error Rate Prediction* [13],

- ASEP – *Accident Sequence Evaluation Program*,
- CREAM – *Cognitive Reliability and Error Analysis Method*,
- SLIM – *Success Likelihood Index Method* [2],
- HEART – *Human Error Assessment and Reduction Technique* [15],
- SPAR-H – *Standardized Plant Analysis Risk – Human Reliability Analysis* [SPAR-H].

W pracy [17] przeprowadzono ocenę niezawodności dyspozytora dla nadania sygnału alarmowego w przypadku przekroczenia dopuszczalnej wartości stężenia metanu. Ocena przeprowadzona została metodą SPAR-H, uzyskując dla założonych czynników PFS wartość 0,034. Metoda SPAR-H zawiera szereg współczynników dla poszczególnych czynników wpływających na pracę dyspozytora. Wydaje się, że wybór metody dla oceny niezawodności dyspozytora oraz kalibracja metody (określenie współczynników modelu niezawodnościowego) dla warunków kopalń głębinowych pozostaje sprawą otwartą. Dla określenia współczynników modelu niezawodnościowego dyspozytora przydatna może być metoda wykorzystująca oceny ekspertów [9].

Istotnym czynnikiem wpływającym na niezawodność dyspozytora jest liczba alarmów, które są przez niego odbierane. Istotna jest racjonalizacja liczby alarmów wyświetlanych dyspozytorom w zależności od sytuacji. Szczególnie istotna jest eliminacja „potoków alarmów” [4]. Jako przykład zbyt dużej liczby alarmów podaje się przypadek eksplozji i pożaru w rafinerii Milford Haven, gdzie w trakcie 11 minut przed eksplozją wystąpiło 270 alarmów. Tak duża liczba alarmów uniemożliwiła dyspozytorom podjęcie właściwych działań [3].

6. ZAKOŃCZENIE

Dyspozytor jest istotnym elementem systemu sterowania i nadzoru procesów zachodzących we współczesnej kopalni głębinowej. Realizuje istotne funkcje mające wpływ na bezpieczeństwo, np. alarmowanie i ewakuacja załogi w przypadku zbyt dużego stężenia metanu w wyrobiskach lub w przypadku zaistnienia pożaru. Obecnie istnieją techniczne możliwości integracji systemów pracujących w dyspozytorniach kopalnianych. Udało się zrealizować na drodze sprzętowej i programowej integrację systemów gazometrycznych i alarmowania oraz wdrożyć tak zintegrowane systemy w kilku kopalniach [17,1].

Literatura

1. *Cierpisz S., Miśkiewicz K., Musiol K., Wojaczek A.*: Systemy gazometryczne w górnictwie. Wydawnictwo Pol.itechni Śląskiej. Gliwice, 2007.
2. *Embrey D. E., Humphreys P. C., Rosa E., Kirwan B., Rea K.*: SLIM-MAUD – An approach to accessing human error probabilities using structured expert judgement. NUREG/CR-3518 Washington DC 20555.
3. *Hollender M., Beuthel C.*: Intelligent alarming. Effective alarm management improves safety, fault diagnosis and quality control. ABB Review 1/2007.
4. *Kacprzak P., Kosmowski K.*: Czynniki ludzkie w analizie rozwiązań bezpieczeństwa funkcjonalnego. Bezpieczeństwo funkcjonalne Tom 3. Warszawa 2009.
5. *Kirwan B., Gibson H.*: CARA: A Human Reliability Assessment Tool for Air Traffic Safety Management – Technical Basis and Preliminary Architecture. Proceedings of the fifteenth Safety-critical Systems Symposium, Bristol, UK, 13-15 February 2007.
6. *Kosmowski K.*: Analiza niezawodności człowieka w kontekście scenariuszy awaryjnych. Journal of KONBiN 3(6)2008.
7. *MANHAZ.* Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi. Materiały Szkoły Tematycznej MANHAZ. Instytut Energii Atomowej. Otwock 2005.
8. *Miśkiewicz K., Wojaczek A., Rej A.*: Wybrane problemy bezpieczeństwa funkcjonalnego w kopalnianych systemach gazometrycznych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 2007, nr 11.
9. *Moraru R., Baburt G., Cioca L.*: Human Reliability Model and Application for Mine Dispatcher in Valea Jiului Coal Basin. Proceedings of the International Conference on Risk Management, Assessment and Mitigation. RIMA-10. Bucharest April 2010.
10. PN-EN 61508 Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem. Część 1 - 7.
11. SPAR-H. The SPAR-H Human Reliability Analysis Method. Idaho National Laboratory. U.S. Nuclear Regulatory Commission Office of Nuclear Regulatory Research. Washington, DC 20555-0001.
12. *Suttinger L., Sossman C.*: Operator Action Within a Safety Instrumented Function, Westinghouse Savannah River Company Report WSRC-MS-2002-00091, 2002, Available at:<http://sti.srs.gov/fulltext/ms2002091/ms2002091.html>.
13. *Swain A. D., Guttman H. E.*: A handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant application. NUREG/CR-1278 Washington DC 20555.
14. TR61508-0. Functional safety and IEC 61508 Working draft of IEC TR 61508-0 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 0.
15. *Williams J. C.*: HEART – A proposed methods for assessing and reducing human error. 9th Advances in Reliability Technology Symposium. University of Bradford. April 1986.
16. *Yllera J.*: Human Reliability Analysis. Training Course on PSA. Islamabad, Pakistan April 2004.
17. *Wojtas P.*: Wpływ integracji systemów dyspozytorskich i konfiguracji sieci telekomunikacyjnych na ich niezawodność i funkcjonalność. Praca doktorska. Politechnika Śląska. Gliwice 2010 (praca niepublikowana).

Recenzent: dr inż. Bożena Bojko

