

dr inż. LESZEK PIETRZAK  
Centralny Instytut Ochrony Pracy

## Modelowanie wypadków przy pracy (2)

*Publikacja opracowana na podstawie wyników zadań badawczych wykonanych w ramach projektu celowego zamawianego „System analizy wydarzeń wypadkowych w środowisku pracy dla potrzeb profilaktyki”*

W poprzednim numerze BP [6] zostały omówione wybrane modele wypadków przy pracy. Obecnie przedstawione zostaną zagadnienia modelowania zachowań człowieka w sytuacjach zagrożenia oraz modele stosowane w badaniu wypadków.

### Modelowanie zachowań człowieka w sytuacjach zagrożenia

W modelach dotyczących bezpośrednio zachowań człowieka w obliczu zagrożenia uwzględniane są przede wszystkim

wpływy różnych czynników na popełniane błędy. Ze względu na wielowymiarowość zagadnień, określanie błędów ludzkich jest trudne i może znacznie odbiegać od rzeczywistości.

Błędy ludzkie, będące przyczyną dużej liczby wypadków, nie występują jednak same jako przyczyny wypadków, zwykle są one jedną ze składowych przyczyn.

W literaturze można odnaleźć różne modele zachowań człowieka w warunkach zagrożenia w środowisku pracy [1, 5, 6]. To, jaki rodzaj zachowania pracownik wybierze zależy od dostępnej informacji o zagrożeniu. Ocena informacji zależy od stopnia obycia z zagrożeniem, od jego charakteru (występowanie w czasie) i bezpośrednich skutków, a także od tego na ile te negatywne skutki człowiek jest w stanie kontrolować. Ustalona końcowa informacja o zagrożeniu zależy od jej treści, formy i wiarygodności. Jest ona łącznym efektem oddziaływania różnych bodźców oraz utrwalonych wcześniej

schematów i oczekiwań. Informacja o zagrożeniu podlega analizie decyzyjnej korzyści i strat, które mogą powstać w wyniku podjętego działania.

Na bezpieczne zachowanie się człowieka w pracy ma wpływ także środowisko społeczne. Wyodrębniono trzy typy błędów prowadzących do niebezpiecznego wydarzenia (rys. 1):

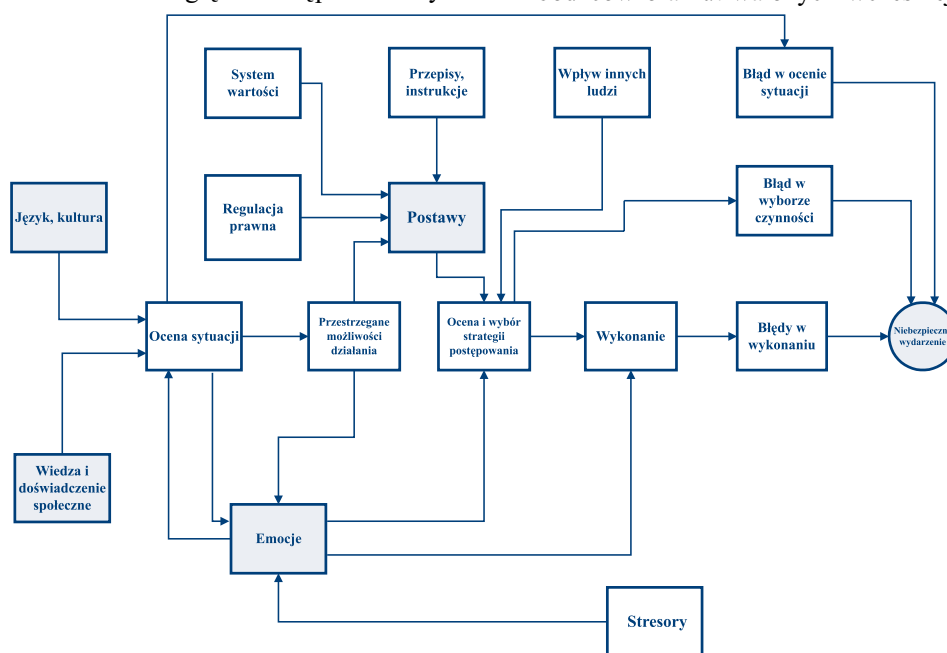
- błędy w ocenie sytuacji
- błędy wyboru odpowiedniej czynności
- błędy w wykonaniu czynności.

W innym modelu, wg R. Smillie'a [7], pojawiają się trzy elementy biorące udział w sytuacji wypadkowej: maszyna, człowiek i środowisko pracy. Decydują one wspólnie o zaistniałej sytuacji i w połączeniu z innymi czynnikami tworzą informację o zagrożeniu. Błąd w ocenie i zareagowaniu na informację tworzy zakłócenie. Błąd w reakcji na powstałe zakłócenie może doprowadzić do powstania efektu kaskadowego i wypadku.

W modelu Glendona i Hale'a [2, 4] uwzględniono sposób przetwarzania przez operatora maszyny otrzymanych informacji o niebezpieczeństwie. W fazie wejściowej modelu uwaga koncentruje się przede wszystkim na identyfikacji zagrożenia. Ten etap jest analogiczny do etapu występującego w ocenie ryzyka. Faza wyjściowa dotyczy procesu selekcji i zastosowania środków zmniejszających ryzyko.

W modelowaniu zachowań człowieka ostatnio coraz częściej wykorzystuje się elementy teorii logiki rozmytej. W teorii logiki rozmytej oddziaływanie zdefiniowane jest w przestrzeni prawdopodobieństwa. Logika rozmyta umożliwia tu tworzenie zgodnego ze zdrowym rozsądkiem obrazu niepewnej rzeczywistości.

Na podstawie zasad logiki rozmytej powstała metoda modelowania, w której prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia zostało zdefiniowane w przestrzeni prawdopodobieństwa. Metoda ta pozwala uwzględnić w znacznym stopniu



Rys. 1. Modelowanie wpływu środowiska społecznego na bezpieczeństwo pracy [6]

zdolność człowieka do postrzegania i unikania sytuacji niebezpiecznych w procesie funkcjonowania układu człowieka i maszyny. Zasadą metody jest antropocentryczne podejście do roli człowieka, idea logiczności działań profesjonalnych oraz rachunku prawdopodobieństwa i statystycznego modelowania (z teorii niezawodności obiektów technicznych).

### Modele stosowane w badaniu wypadków

W badaniu wypadków przy pracy, które miały miejsce podczas pracy przy maszynach stosowane są różne modele, które towarzyszą określonym metodom badania wypadków. Metody te często polegają na analizie czynników technicznych, organizacyjnych i ludzkich (metoda TOL) dokonywanej przez zespół powypadkowy. W wyniku analizy tych trzech elementów ustala się przyczyny pośrednie i bezpośrednią przyczynę wypadku.

#### Modelowanie wypadku zaistniałego przy maszynie metodą odchylenia (analizy zmian)

Analiza odchylenia polega na identyfikowaniu odchylenia od normalnych, planowych warunków i działań człowieka, techniki i środowiska. Ogólnie przyjmuje się, że odchylenie jest zdarzeniem, cechą lub warunkiem odbiegającym od normy przyjętej dla prawidłowego i zaplanowanego procesu produkcyjnego. Przyjęty model opiera się na następujących założeniach:

- produkcja jest to planowy proces, którego normalny przebieg można zdefiniować
- odchylenie może spowodować zwiększenie ryzyka i w konsekwencji wypadek.

W metodzie tej korzysta się z listy kontrolnej odchylenia, wraz z odpowiednimi komentarzami, określa się odchylenia, które mogły spowodować wypadek i poddaje się je krytycznej analizie. Na rysun-

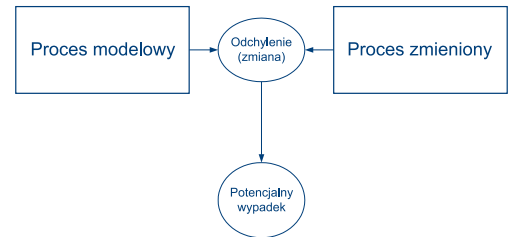
ku 2. przedstawiono model przyjęty w analizie odchylenia (analizie zmian).

Analiza odchylenia prowadzona jest wstecz, aż do momentu kiedy w systemie wszystko staje się „normalne”. Zidentyfikowane odchylenia należy oszacować. Może to być dokonane formalnie lub przez wybór najważniejszych odchylenia i dalszą ich analizę. Wszystkie zidentyfikowane zgodnie z modelem odchylenia służą do ustalenia pośrednich przyczyn wypadku oraz zaproponowania odpowiednich środków bezpieczeństwa.

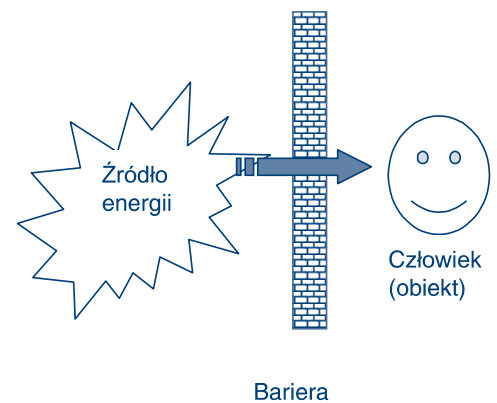
#### Modelowanie wypadku z zastosowaniem metody transferu energii

Analiza metodą transferu energii przyjmuje tzw. energetyczny model wypadku [3]. Przyjmuje się, że aby powstał wypadek człowiek musi zostać poddany działaniu energii o różnej postaci. Wypadek następuje więc podczas niekontrolowanego przepływu energii od zagrożenia do obiektu (człowieka) przy braku szeroko pojętych barier. Bariery mogą być fizyczne – materialne (różnego rodzaju osłony, ogrodzenia itp.), proceduralne – związane z wykonywaniem zadań według znanych i ściśle określonych reguł oraz zachowawcze związane ze szkoleniem, wiedzą itp. Przełamanie bariery umożliwiające przepływ energii od zagrożenia do człowieka prowadzi do urazu lub utraty zdrowia (rys. 3).

Może to być energia mechaniczna związana z poruszającymi się elementami maszyn, energia elektryczna, chemiczna itp. Energia jest tu traktowana w sensie bardzo ogólnym i jest nią wszystko to, co w jakiś sposób może spowodować uszkodzenie fizyczne czy psychiczne osoby ludzkiej. Celem analizy wypadku według modelu energetycznego jest dokonanie przeglądu wszystkich postaci energii, które mogły doprowadzić do wystąpienia wypadku, a także analiza zawrotności barier.



Rys. 2. Model stosowany w analizie odchylenia (analizie zmian) [3]



Rys. 3. Energetyczny model wypadku [3]

#### Model zdarzeń i czynników przyczynowych

Do badania wypadków wykorzystywany jest także model zwany modelem zdarzeń i czynników przyczynowych. W modelu tym identyfikowane są zdarzenia i ich warunki (czynniki) oraz zależności elementów (ich wpływ na przebieg zdarzenia). Identyfikuje się zdarzenia pewne, o których wiemy, że wystąpiły lub występują na pewno oraz zdarzenia, czynniki i zależności przypuszczalne. Zidentyfikowanie czynników i zdarzeń pozwala zbudować model przebiegu wypadku i ustalić jego przyczyny.

Przykład modelowania wypadku metodą zdarzeń i czynników przyczynowych przedstawiono na rysunku 4. Elementy i powiązania, co do których istnieje przypuszczenie przedstawione są liniami przerywanymi.

**Modelowanie wypadku za pomocą drzewa MORT**

Założenia metody MORT (*management oversight and risk tree*) są następujące:

- kierownictwo ponosi odpowiedzialność za ryzyko związane z prowadzoną działalnością
- zagrożenia w jednym obszarze działania przedsiębiorstwa wpływają na inne obszary
- zagrożenia i ich konsekwencje powinny być możliwie jak najlepiej rozpoznane
- środki jakimi posługuje się kierownictwo powinny być możliwie łatwe do zastosowania w różnych sytuacjach.

Drzewo logiczne MORT wykorzystuje do analizy wypadku następujące narzędzia: analizę zmian, analizę przepływu energii oraz barier, a także analizę zdarzeń i czynników przyczynowych. Wypadek definiowany jest jako niepożądany przepływ energii lub warunki środowiskowe, wywołujące negatywne konsekwencje.

Metoda MORT obejmuje trzy obszary funkcjonowania przedsiębiorstwa w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy, którym odpowiadają trzy gałęzie drzewa, a mianowicie:

R – (*risk*) zajmuje się sprawami związanymi ze świadomym podejmowaniem ryzyka przez kierownictwo przedsiębiorstwa

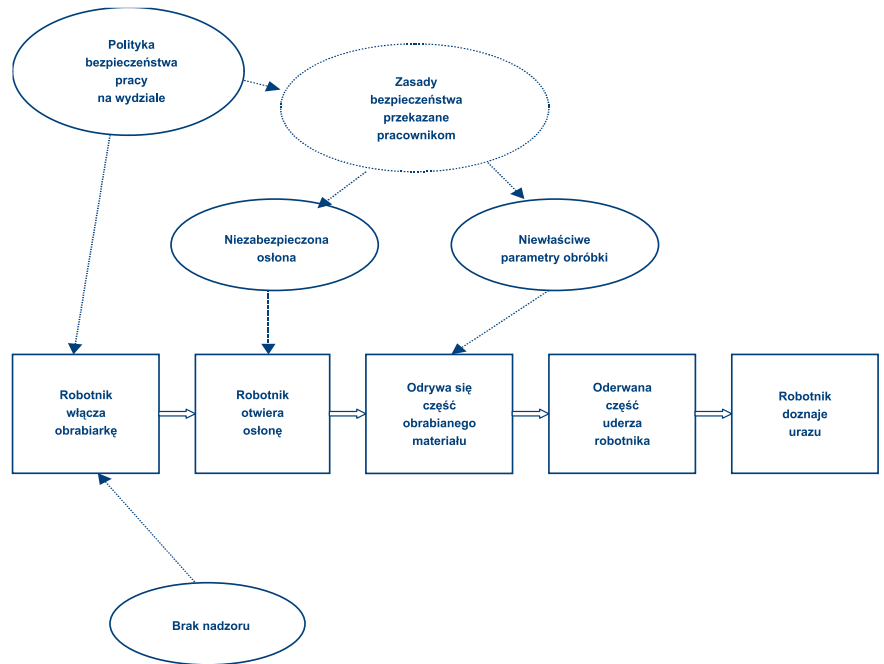
M – (*management*) obejmuje zagadnienia systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy oraz odpowiada na pytanie: dlaczego nastąpiło zdarzenie?

S – (*specific control factors*) analizuje środki, jakie podjęto, aby zapewnić bezpieczne warunki pracy i odpowiada na pytanie: co się stało?

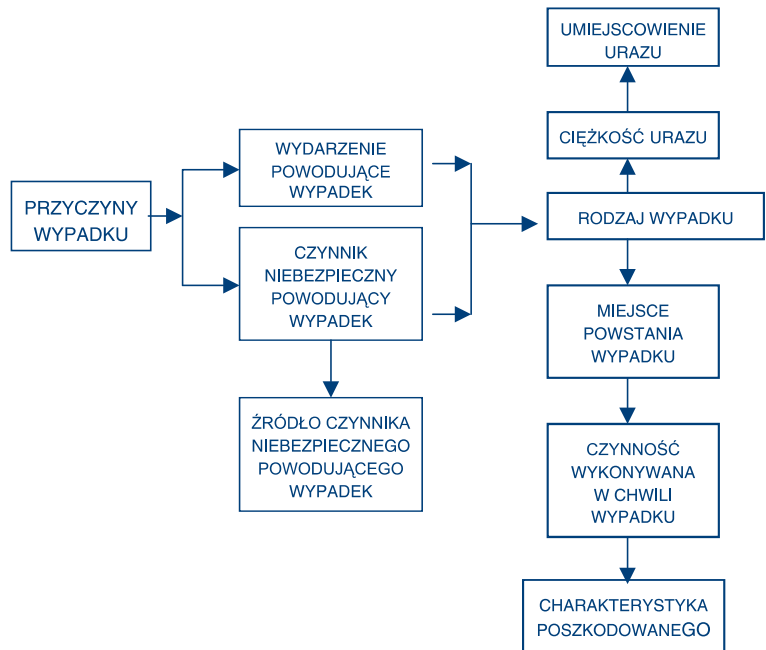
Model drzewa MORT umożliwia śledzenie przepływu energii i zawodności barier, a także poszukiwanie przyczyn głęboko ukrytych w elementach systemu zarządzania w przedsiębiorstwie.

**Model stosowany w statystyce wypadków**

W statystyce wypadków przy pracy stosowane są modele pozwalające gromadzić informacje dotyczące przyczyn i oko-



Rys. 4. Przykład modelowania przebiegu wypadku za pomocą zdarzeń i czynników przyczynowych



Rys. 5. Model wypadku przyjęty w statystyce GUS

liczności wypadków przy pracy. W polskim modelu wypadku zakłada się, że do urazu doprowadza przyczyna bezpośrednia mająca wiele przyczyn pośrednich. Obok przyczyn wyróżnia się również tzw. okoliczności wypadku. Są nimi warunki, środowisko lub cechy przedmiotów oraz ludzi, które sprzyjają lub umożliwiają występowanie przyczyn wypadków.

Statystyczny model został opracowany przez Główny Urząd Statystyczny dla potrzeb wypełniania statystycznej karty wypadku (rys. 5).

Miejsce powstania wypadku w modelu statystycznym powinno określać miejsce w zakładzie pracy, w którym wydarzył się dokumentowany wypadek. Miejsce to należy wybrać z 14 miejsc zawar-

tych w klasyfikacji GUS. Ujęta w statystycznym modelu wypadku czynność wykonywana w chwili wypadku jest klasyfikowana wg 16 rodzajów czynności. Umieszczenie urazu w wyniku wypadku dotyczy umiejscowienia najważniejszych urazowych zmian w organizmie. Wydarzenie powodujące wypadek jest ostatnią sekwencją sytuacji wypadkowej. Obrazuje ono moment, w którym poszkodowany doznał obrażeń oraz przedstawia sposób powstania urazu.

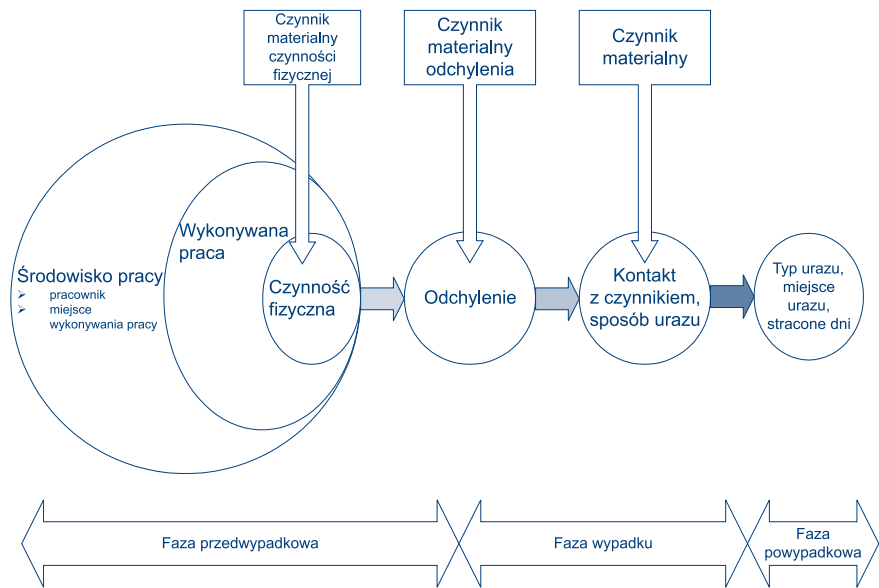
Za czynnik niebezpieczny powodujący wypadek przyjęto w klasyfikacji GUS czynnik, który spowodował uraz. Klasyfikacja GUS wyróżnia 25 czynników niebezpiecznych, szkodliwych lub uciążliwych, które mają zdolność powodowania urazów.

W statystycznym modelu wypadku konieczna jest także informacja określająca ogólną grupę czynników mających zdolność spowodowania urazów (9 grup) i osiem grup przyczyn wypadków. Każda z tych grup zawiera po kilkanaście przyczyn szczegółowych. Grupami przyczynowymi są:

- niewłaściwy stan czynnika materialnego
- niewłaściwa ogólna organizacja pracy
- niewłaściwa organizacja stanowiska pracy
- brak lub niewłaściwe posługiwanie się maszynami, urządzeniami lub narzędziami technicznymi
- nieużywanie przez pracownika sprzętu ochronnego
- niewłaściwe samowolne zachowanie się pracownika
- niewłaściwy stan psychofizyczny pracownika
- nieprawidłowe zachowanie się pracownika.

**Model stosowany w statystyce europejskiej**

Prace nad harmonizacją Europejskiej Statystyki Wypadków przy Pracy (ESAW) koordynowane przez Biuro Statystyczne Unii Europejskiej (EUROSTAT) doprowadziły do ustalenia definicji wypadku [8], opracowania modelu wypadku mającego pomóc w ujednocie-



Rys. 6. Statystyczny model wypadku wg EUROSTAT

niu zbierania danych o wypadkach oraz sposobu kodowania poszczególnych elementów wypadku. Zbierane zgodnie z modelem EUROSTAT dane dotyczą środowiska pracy, wykonywanej pracy, czynności fizycznej odchylenia, sposobu wejścia w kontakt z czynnikiem fizycznym oraz czynników materialnych. Jako środowisko pracy rozumiane jest miejsce, gdzie poszkodowany przebywał przed wypadkiem. Wykonywana praca dotyczy wykonywanego zadania i jest z nią związana określona czynność fizyczna oraz czynnik materialny czynności fizycznej. Jako ostatnie zdarzenie prowadzące do wypadku (sprzeczne z warunkami przyjętymi za normalne) przyjęto w modelu odchylenie oraz związany z nim czynnik materialny odchylenia. Są to elementy stanowiące fazę przedwypadkową. Kolejnym rejestrowanym elementem jest sposób w jaki osoba weszła w kontakt z czynnikiem materialnym. Może to być ten sam lub inny czynnik niż czynniki związane z czynnością fizyczną lub odchyleniem. W fazie powypadkowej modelu zbierane są informacje na temat typu urazu, umiejscowienia urazu oraz straconego czasu pracy. Dla każdego z elementów w modelu EUROSTAT opracowany został system kodowania oraz tablice kodów wraz z instrukcjami kodowania (rys. 6).

\* \* \*

Modele badawcze umożliwiają najczęściej przedstawienie sekwencji zdarzeń lub takie ukierunkowanie myślenia o wypadku, aby można było wyjaśnić jego przebieg, ustalić co zawiodło i zaprojekt-

tować właściwe działania profilaktyczne. Należy je odpowiednio umiejscowić we wszystkich obszarach, począwszy od sekwencji wypadkowej, aż do szeroko pojętego zarządzania bezpieczeństwem.

Bardzo istotną cechą zastosowanego modelu badania wypadku powinna być możliwość ustalenia przyczyn i okoliczności w taki sposób, aby można je było odpowiednio zakwalifikować, zgodnie z funkcjonującym w Polsce statystycznym modelem wypadku i właściwie zarejestrować w statystycznej karcie wypadku.

**PIŚMIENNICTWO**

[1] Filipkowski S. *Powstawanie wypadków przy pracy i zasady profilaktyki*. Warszawa, Instytut Wydawniczy CRZZ, 1975

[2] Hale A. R., Hale M. *A review of industrial accident research. Her majesty's safety office*. London 1971

[3] Harms-Ringdahl L. *Safety analysis. Principles and practice in occupational safety*. ELSEVIER. London 1993

[4] Koornneef F., Hale A. *Organisational feedback from accidents at work 13th Int. Network Workshop* (TU Delft)

[5] *Metody analizy bezpieczeństwa na stanowiskach pracy*. Praca zb. Warszawa, CIOP, 1996

[6] Pietrzak L. *Modelowanie wypadków przy pracy* (1). *Bezpieczeństwo Pracy* nr 4(369) 2002

[7] Studenski R. *Teorie przyczynowości wypadkowej i ich empiryczna weryfikacja*. Seria: Prace Głównego Instytutu Górniczego, Katowice, Główny Instytut Górniczego, 1986

[8] *European codification system of the causes and circumstances of accident at work*. European Commission, Directorate-General for Employment and Social Affairs. February 2000