

BEZPIECZEŃSTWO PROCESOWE W OBIEKTACH PRZEMYSŁOWYCH

Andrzej KOZAK*

Wydział Bezpieczeństwa Procesowego i Funkcjonalnego, Zespół Koordynacji Inspekcji,
Urząd Dozoru Technicznego, ul. Radarowa 9, 2-137 Warszawa

Streszczenie: Przedstawiono zasady oceny ryzyka instalacji przemysłowej w całym cyklu życia obiektu. Podano schemat decyzyjny w analizie ryzyka oraz sugestie dotyczące zastosowania technik analizy ryzyka. Wskazano na związek między bezpieczeństwem procesowym a planowaniem przestrzennym.

Słowa kluczowe: analiza ryzyka, bezpieczeństwo, planowanie przestrzenne, cykl życia obiektu.

1. Bezpieczeństwo instalacji przemysłowych

Projektowanie i wykonywanie technologicznych instalacji przemysłowych musi uwzględniać warunki ich bezpiecznego działania. Dotyczy to w szczególności tych procesów przemysłowych, które wiążąc się z przebiegiem reakcji chemicznych lub zmianą stanu skupienia substancji stwarzają zagrożenia dla życia i zdrowia ludzkiego, majątku (budynków) oraz środowiska. Z takimi zagrożeniami mamy do czynienia zwłaszcza w branżach: chemicznej, petrochemicznej (rafineryjnej), gazowniczej i energetycznej. Musimy je sprawnie identyfikować. Urząd Dozoru Technicznego prowadzi kompleksową usługę w zakresie podniesienia poziomu bezpieczeństwa procesowego w całym cyklu życia instalacji.

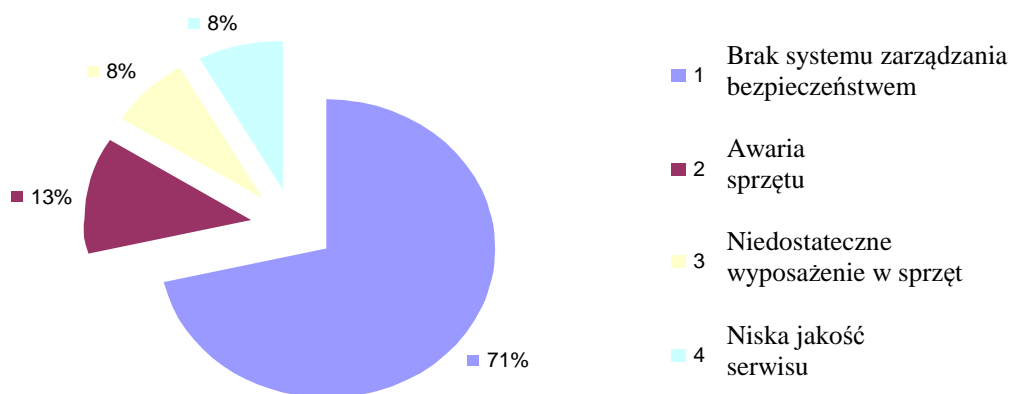
Na rysunku 1 przedstawiono zestawienie przyczyn wypadków (Raport, 1997) w brytyjskim przemyśle

gazowniczym. Jako dominujący element uznano braki w systemie zarządzania.

2. Bezpieczeństwo procesowe a funkcjonalne

Pojęcie „bezpieczeństwo” rozumiane jest jako brak niemożliwego do zaakceptowania ryzyka dla zdrowia, życia lub strat w majątku czy środowisku naturalnym. Natomiast ryzyko w obszarze nauk stosowanych definiuje się jako iloczyn prawdopodobieństwa (częstości występowania) danego zjawiska i skali strat (wielkości skutków niepożądanych):

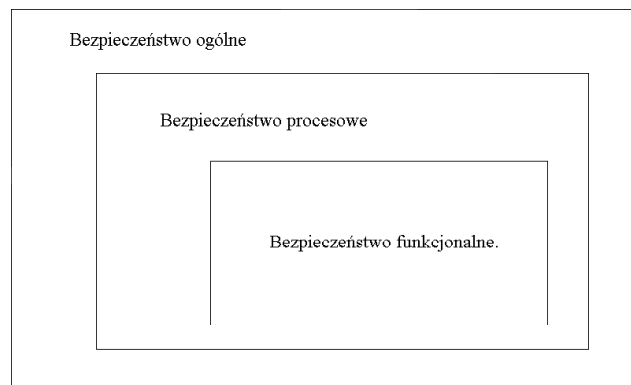
$$\text{ryzyko} = \{\text{częstość}\} \times \{\text{straty}\} \quad (1)$$



Rys. 1. Statystyka wypadków (Raport, 1997)

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: andrzej.kozak@udt.gov.pl

Bezpieczeństwo procesowe jest to ogół zagadnień dotyczących bezpieczeństwa pracy instalacji przemysłowej w sektorze przemysłu procesowego (chemia, petrochemia, energetyka, gazownictwo). Ogólny model (systematykę) zarządzania ryzykiem (bezpieczeństwem) w przemyśle procesowym (chemia, petrochemia, gazownictwo i energetyka konwencjonalna) przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Systematyka bezpieczeństwa

Bezpieczeństwo funkcjonalne jest podzbiorem bezpieczeństwa procesowego. Jest to dziedzina inżynierii, zajmująca się zapobieganiem zagrożeniom poprzez odpowiednio zaprojektowane zabezpieczenia o ściśle określonych funkcjach. Zaprojektowana funkcja musi być precyzyjnie pełniona w ściśle określonych warunkach realnego zagrożenia z żadaną dokładnością i w określonym czasie. Od precyzji tego działania zależy

bezpieczeństwo ludzi, instalacji i środowiska. Układy bezpieczeństwa funkcjonalnego składają się z trzech elementów: czujnika (przetwornika), odpowiedniego układu logicznego (często programowalnego) i elementów wykonawczych.

3. Zarządzanie bezpieczeństwem

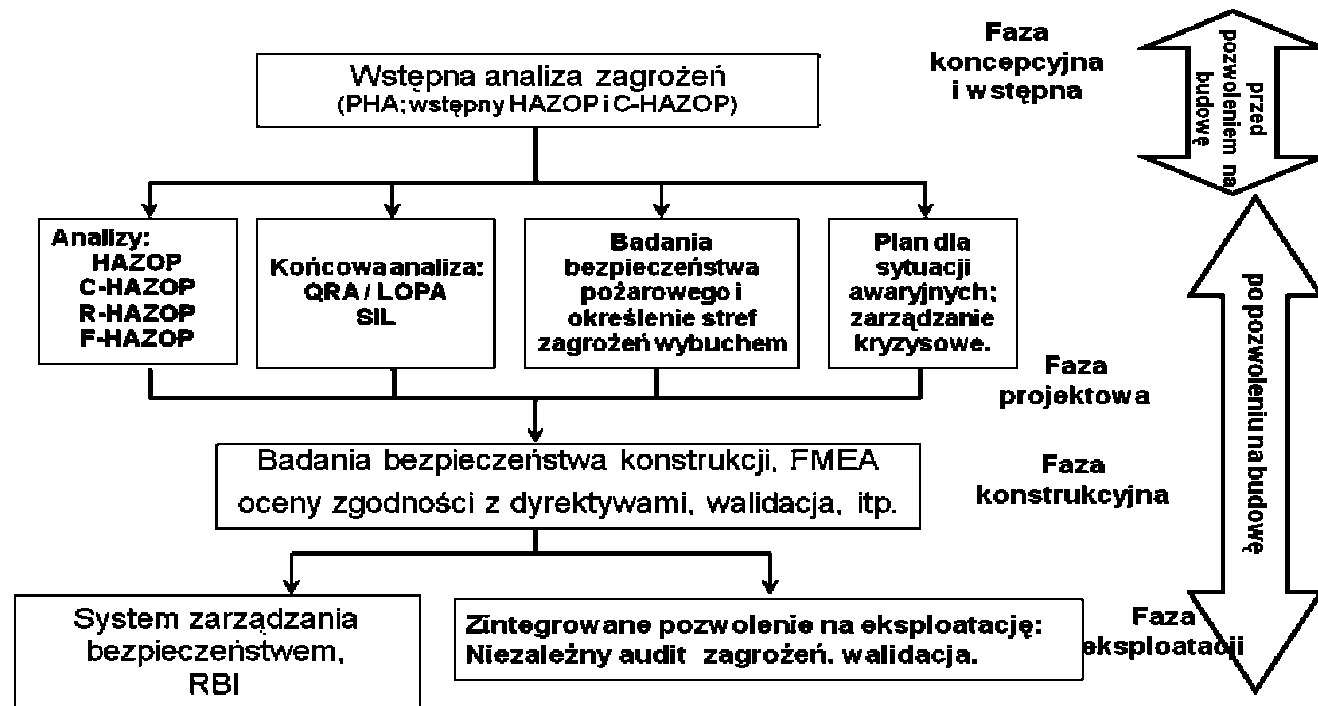
Z formalnego punktu widzenia „bezpieczeństwo” jest funkcją argumentu „ryzyko”:

$$\text{bezpieczeństwo} = f(\text{ryzyko}) \quad (2)$$

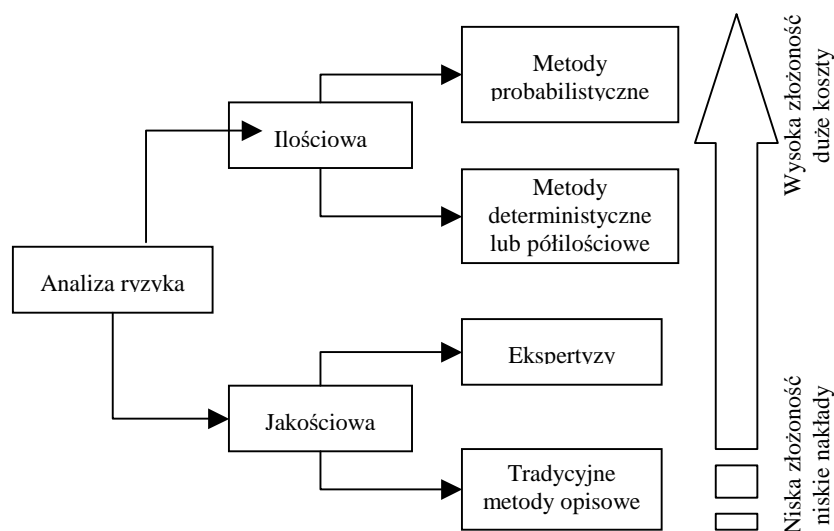
Bezpieczeństwo procesowe może być oceniane w trzech fazach cyklu życia instalacji: projektu, zarządzania ryzykiem w nowo wybudowanym zakładzie i w fazie likwidacji produkcji.

Schemat analizy ryzyka przedstawia rysunek 4. Pokazano na nim, że jakościowa analiza ryzyka, obejmująca ekspertyzy i tradycyjne metody opisowe, jest metodą, którą cechuje nie tylko niska złożoność, ale również niskie nakłady. Natomiast ilościową analizę ryzyka prowadzoną metodami probabilistycznymi i deterministycznymi (lub półilościowymi) cechuje wysoka złożoność i wysokie nakłady.

Efektom przeprowadzonych analiz jest uzyskanie m.in. odpowiedzi na pytanie o bezpieczne odległości między budynkami. Co jest bardzo ważne w planowaniu przestrzennym.



Rys. 3. Ogólny model zarządzania bezpieczeństwem w cyklu życia obiektu



Rys. 4. Schemat decyzyjny koszty vs. nakłady w analizie ryzyka

W praktyce inżynierskiej stosowane są poniżej zestawione metody:

- A. metody porównawcze (wykorzystanie wiedzy o podobnych instalacjach)
 1. metody indeksowe (np. DOW Index, OPS Index),
 2. listy kontrolne.
- B. metody przeglądowe: (systematyczny przegląd zagrożeń)
 1. PHA (*Preliminary Hazard Analysis* – Wstępna Analiza Zagrożeń),
 2. HAZOP (*Hazard nad Operability Study* – Studium Zagrożeń i Zdolności Operacyjnych),
 3. „What – If” (Co będzie jeśli...).
- C. metody analityczne: (wykrycie zagrożeń i ilościowa ocena scenariuszy awaryjnych)
 1. FMEA (*Fault Mode and Effect Analysis*),
 2. FTA (*Fault Tree Analysis*),
 3. ETA (*Event Tree Analysis*),
 4. CCA (*Cause Consequence Analysis*).

Poniższa tabela przedstawia (tab. 1), w jakich przypadkach mają zastosowanie poszczególne metody przeglądowe badania poziomu bezpieczeństwa procesowego.

4. Etap projektowania instalacji – procedura oceny bezpieczeństwa

Wstępna analiza zagrożeń – PHA (*Preliminary Hazard Analysis*), wykonywana we wstępnej fazie projektu, pozwala określić wielkość i skalę zagrożenia oraz wymagania co do sposobu zabezpieczenia przed nim. W końcowej fazie projektu (faza P&ID), przed rozpoczęciem fazy konstrukcji, należy przeprowadzić analizę HAZOP, z której wnioski przedstawia się w czterech kategoriach:

- a. kategoria I – zagrożenie pomijalnie małe,
- b. kategoria II – zagrożenie marginalne,
- c. kategoria III – zagrożenie krytyczne,
- d. kategoria IV – zagrożenie katastroficzne.

Tab. 1. Zastosowanie metod analizy ryzyka

Nazwa metody	Projekt wstępny	Projekt	Eksploatacja	Modernizacja Zmiany
PHA - Wstępna analiza zagrożeń	polecana	nie wskazana	nie wskazana	polecana
HAZOP	nie wskazana	polecana	może być stosowana	polecana
Listy kontrolne Metody indeksowe	może być stosowana	może być stosowana	polecana	może być stosowana
What - If	polecana	nie wskazana	może być stosowana	polecana
Analiza bezpieczeństwa oprogramowania	nie wskazana	polecana	nie wskazana	polecana

Kategoria I i II oznacza niewielkie straty w instalacji i małą liczbę rannych osób.

Kategoria III oraz IV – poważne straty i ofiary śmiertelne.

Bazując na wynikach analizy PHA i HAZOP należy wykonać analizę ilościową ryzyka – QRA (*Quantitative Risk Analysis*) dla obwodów kategorii III i IV. Uzyskuje się w ten sposób „przydział” zagrożenia, który musi być skompensowany przez stosowne zabezpieczenia i sprzęt elektryczny lub automatykę. Prawdopodobieństwo niezadziałania tego sprzętu określane jest jako SIL reprezentowane przez liczby całkowite z przedziału 1-4 (PN-EN 61508, 2010).

Sprzęt w układach bezpieczeństwa może być skonfigurowany w następujące układy:

- a. typ 1oo1 – one out of one
„jeden z jednego” – awaria elementu powoduje niesprawność całej pętli bezpieczeństwa, brak redundancji;
- b. typ 1oo2 – one out of two
„jeden z dwóch” – do poprawnej pracy pętli bezpieczeństwa wymagana jest poprawna praca jednego układu – układ o zwiększonej dostępności;
- c. typ 2oo2 – two out of two
„dwa z dwóch” – wymagana jest niezawodność obydwu elementów – układ o podwyższonych parametrach bezpieczeństwa ale technologicznie przeszywniony;
- d. typ 1oo2D – one out of two with diagnostics
„jeden z dwóch z diagnostyką” – decyzja o niezawodności podjęta jest w wyniku automatycznych badań diagnostycznych;
- e. typ 2oo3 – two out of three
„dwa z trzech” – wymagana jest poprawna praca dwóch elementów pętli bezpieczeństwa;
- f. typ NooMD
„N z M z diagnostyką” – wymagana jest prawidłowa praca N elementów. Decyzja wypracowywana jest automatycznie w procesie głosowania jako wynik badań diagnostycznych.

5. Kompetencje personelu

Bezpieczeństwo funkcjonalne jest nierozdzielnie związane z bezpieczeństwem technicznym, które jest istotą działania Urzędu Dozoru Technicznego (UDT). Zarządzanie bezpieczeństwem procesowym i funkcjonalnym wymaga olbrzymiej wiedzy i doświadczenia inżynierskiego, a w związku z tym odpowiednich przygotowań. Dlatego kompetencje osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo funkcjonalne we wszystkich istotnych branżach przemysłu, przykładowo petrochemicznym, chemicznym czy energetycznym, uznane zostały przez UDT za najważniejszy element systemu.

Jednostka certyfikująca osoby UDT CERT przyjęła program certyfikacji osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo funkcjonalne. Program ten zapewnia osobom certyfikowanym udowodnienie kompetencji w oparciu o określone i uznane na arenie międzynarodowej standardy takie jak:

- w zakresie ogólnych zasad bezpieczeństwa funkcjonalnego – PN-EN 61508,
- w zakresie przemysłu procesowego – PN-EN 61511,
- w zakresie maszyn – PN-EN 62061
- w zakresie elektrowni jądrowych – IEC 61513.

Informacje można znaleźć na stronie internetowej UDT: www.udt.gov.pl.

Literatura

- Raport „Explosion in gas-fired plant” (1997). *AEA Technology plc for the Health and Safety Executive*, Vol. 139.
- PN-EN 61508 (2010). *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych (elektronicznych) programowalnych systemów związanych z bezpieczeństwem: cz. 1. Wymagania ogólne.*
- PN-EN 61508 (2010). *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych (elektronicznych) programowalnych systemów związanych z bezpieczeństwem: cz. 2. Wymagania dotyczące elektrycznych (elektronicznych) programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem.*
- PN-EN 61508 (2010). *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych (elektronicznych) programowalnych systemów związanych z bezpieczeństwem: cz. 3. Wymagania dotyczące oprogramowania.*
- PN-EN 61508 (2010). *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych (elektronicznych) programowalnych systemów związanych z bezpieczeństwem: cz. 4. Definicje i skróty.*
- PN-EN 61508 (2010). *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych (elektronicznych) programowalnych systemów związanych z bezpieczeństwem: cz. 5. Przykłady metod określania poziomów nienaruszalności.*
- PN-EN 61508 (2010). *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych (elektronicznych) programowalnych systemów związanych z bezpieczeństwem: cz. 6. Wytyczne do stosowania IEC 61508 – 2 i IEC 61508 – 3.*
- PN-EN 61508 (2010). *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych (elektronicznych) programowalnych systemów związanych z bezpieczeństwem: cz. 7. Przegląd technik i miar.*

RISK ANALYSIS IN INDUSTRIAL FACILITIES

Abstract: This article presents the methods of risk analysis of an industrial facility during its whole lifetime cycle. The document describes a decision diagram which is used in risk analysis and provides with suggestions concerning different methods applied in risk analysis. The article also explains a correlation between risk analysis and land-use planning.