

# Spis treści

PRZEDMOWA.....	9
SKRÓTY I SYMBOLE.....	13
1. BEZPIECZEŃSTWO PROCESOWE .....	17
1.1. Bezpieczeństwo procesowe drogą do nowoczesności .....	17
1.2. Bezpieczeństwo procesowe integralną częścią inżynierii procesowej.....	22
1.3. Paradygmaty bezpieczeństwa procesowego .....	24
1.4. Literatura do rozdziału 1.....	27
2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEMYSŁU PROCESOWEGO.....	28
2.1. Specyfika przemysłu procesowego .....	28
2.2. Przegląd zagrożeń procesowych .....	38
2.2.1. Podstawowe pojęcia .....	38
2.2.2. Źródła zagrożeń procesowych .....	46
2.2.3. Klasyfikacja zagrożeń procesowych .....	51
2.2.4. Reaktywność chemiczna .....	62
2.2.5. Odchylenia procesowe .....	74
2.3. Filozofia zapewnienia bezpieczeństwa w instalacjach procesowych.....	84
2.4. Literatura do rozdziału 2 .....	91
3. STRUKTURA I CHARAKTERYSTYKA WARSTW ZABEZPIECZEŃ.....	95
3.1. Pojęcie barier i funkcji bezpieczeństwa.....	95
3.2. Klasyfikacja barier bezpieczeństwa.....	97
3.3. Charakterystyka działania warstw zabezpieczeń .....	101
3.3.1. Podstawowe miary niezawodności.....	102
3.3.2. Struktura niezawodnościowa .....	107
3.4. Źródła danych dotyczących częstości awarii i prawdopodobieństwa błędów ludzkich .....	119
3.5. Efektywność działania systemów ochronnych i przeciwdziałających.....	125
3.6. Wskaźniki ilościowe charakteryzujące bariery bezpieczeństwa .....	128
3.6.1. Cechy warstw zabezpieczeń.....	128
3.6.2. Ocena sprawności działania NWZ.....	132
3.6.3. Warstwy zabezpieczeń w przemyśle procesowym.....	134
3.6.3.1. Warstwa zapobiegania.....	134
3.6.3.2. Warstwa ochrony .....	156

3.6.3.3. Warstwa przeciwdziałania .....	159
3.6.3.4. Wpływ warstw zabezpieczeń na poziom ryzyka procesowego .....	160
3.7. Literatura do rozdziału 3 .....	163
4. ZARZĄDZANIE RYZYKIEM PROCESOWYM W PRZEMYSŁE .....	165
4.1. Proaktywne zarządzanie ryzykiem .....	165
4.2. Pojęcie ryzyka.....	167
4.3. Źródła i receptory ryzyka.....	180
4.4. Miary ryzyka procesowego.....	185
4.4.1. Ilościowe wskaźniki ryzyka procesowego.....	185
4.4.2. Półilościowe wskaźniki ryzyka.....	192
4.4.3. Kryteria akceptacji ryzyka .....	204
4.4.4. Analiza kosztów i korzyści w obszarze ryzyka.....	211
4.4.5. Decyzje dotyczące dopuszczalności ryzyka oparte o analizę koszt–zysk .	212
4.5. System zarządzania ryzykiem procesowym .....	214
4.5.1. Ogólny model systemu zarządzania ryzykiem procesowym .....	214
4.5.2. Przegląd metod analizy zagrożeń i ryzyka.....	220
4.5.3. Wybrane metody identyfikacji zagrożeń – HAZID.....	222
4.5.3.1. Wskaźnik pożarowo–wybuchowy DOW (F&EI) .....	223
4.5.3.2. Wskaźnik narażenia zdrowia <i>Dow’s Chemical Exposure</i> <i>Index (CEI)</i> [29].....	230
4.5.3.3. Metoda <i>MOND Index</i> .....	237
4.5.3.4. Wstępna analiza zagrożeń ( <i>Preliminary Hazard Analysis</i> ) – PHA .....	242
4.5.3.5. Studium zagrożeń i zdolności operacyjnych – HAZOP .....	244
4.5.4. Lista reprezentatywnych zdarzeń awaryjnych RZA.....	248
4.5.5. Wpływ zabezpieczeń na wybór scenariuszy RZA .....	252
4.5.6. Scenariusze awaryjne dla zdarzeń RZA .....	256
4.5.6.1. Metoda drzewa błędu .....	260
4.5.6.2. Metoda drzewa zdarzeń.....	274
4.5.6.3. Model „bow–tie” .....	281
4.5.6.4. Typowe zdarzenia awaryjne występujące w przemyśle procesowym .....	282
4.5.7. Obliczanie możliwości wystąpienia zdarzeń RZA ( <i>frequency analysis</i> ) .....	289
4.5.8. Obliczenie wielkości skutków uwolnień substancji chemicznych.....	294
4.5.9. Obliczanie wskaźników ryzyka .....	305
4.5.10. Jakość analizy zagrożeń i oceny ryzyka procesowego.....	307
4.6. Zarządzanie ryzykiem w procesach decyzyjnych dotyczących ZDR .....	313
4.6.1. Strategie zarządzania ryzykiem.....	314
4.6.2. Obliczanie efektów domino .....	317

---

4.6.3. Zastosowanie analizy stref zagrożeń do planowania przestrzennego.....	329
4.6.4. Zapewnienie bezpieczeństwa w transporcie substancji niebezpiecznych	335
4.6.5. Bezpieczeństwo transportu rurociągowego substancji niebezpiecznych poza terenem zakładu.....	337
4.6.6. Zarządzanie ryzykiem wybuchu cieplnego .....	350
4.6.7. Dynamiczne zarządzanie ryzykiem (DZR) .....	362
4.6.8. Zarządzanie ryzykiem za pomocą metody RBI .....	367
4.6.8.1. Wprowadzenie.....	367
4.6.8.2. Mechanizmy utraty integralności mechanicznej .....	369
4.6.8.3. Podstawy oceny ryzyka.....	371
4.6.8.4. Proces oceny ryzyka RBI .....	374
4.6.8.5. Określenie konsekwencji uszkodzenia CoF.....	379
4.6.8.6. Określenie wskaźnika ryzyka R .....	381
4.6.8.7. Planowanie inspekcji .....	384
4.6.8.8. Procesy decyzyjne – wdrożenie wyników RBI .....	387
4.6.8.9. Zastosowanie metody RBI .....	390
4.7. Literatura do rozdziału 4 .....	397
<b>5. ZARZĄDZANIE BEZPIECZEŃSTWEM PROCESÓW PRZEMYSŁOWYCH .....</b>	<b>404</b>
5.1. System zarządzania bezpieczeństwem procesowym .....	404
5.2. Kultura bezpieczeństwa .....	410
5.2.1. Historyczny rozwój poziomu bezpieczeństwa .....	411
5.2.2. Warunki tworzenia kultury bezpieczeństwa .....	412
5.2.3. Wskaźniki oceny kultury bezpieczeństwa .....	418
5.2.4. Sygnały niedostrzegania zagadnień kultury bezpieczeństwa .....	422
5.3. Pomiar i ocena sprawności systemu zarządzania bezpieczeństwem.....	424
5.4. Zarządzanie w sytuacjach awaryjnych i zagadnienie ochrony obiektów przemysłowych .....	429
5.4.1. Granice sytuacji awaryjnej.....	429
5.4.2. System zarządzania awaryjnego .....	431
5.4.3. Środki techniczne wykorzystywane w sytuacjach awaryjnych .....	434
5.5. Literatura do rozdziału 5 .....	442
<b>6. METODY ANALIZ ZAGROŻEŃ I RYZYKA WYKORZYSTYWANE W AWZ .....</b>	<b>444</b>
6.1. Scenariusz awaryjny .....	444
6.2. Dane wynikające z analizy zagrożeń procesowych (AZP) na potrzeby AWZ ..	448
6.3. Ogólny model obliczeniowy stosowany w AWZ.....	453
6.4. Przykłady .....	455
6.5. Literatura.....	464

---

7. ANALIZA WARSTW ZABEZPIECZEŃ (AWZ) .....	466
7.1. Proces wykonania analizy AWZ.....	466
7.1.1. Identyfikacja reprezentatywnych zdarzeń awaryjnych RZA .....	466
7.1.2. Metody wyznaczania wielkości skutków oraz kryteria oceny wskaźnika ryzyka .....	469
7.1.3. Opracowanie scenariusza awaryjnego RSA .....	473
7.1.3.1. Identyfikacja zdarzenia inicjującego, czynników warunkujących i umożliwiających .....	473
7.1.4. Identyfikacja pierwszej pary: zdarzenie inicjujące – skutki.....	483
7.1.5. Identyfikacja NWZ i charakterystycznych wartości PFD .....	484
7.1.6. Określenie częstości występowania scenariusza RSA .....	488
7.1.7. Proces decyzyjny w zakresie dopuszczalności ryzyka dla RSA .....	490
7.2. System ekspercki do identyfikacji zdarzeń RZA – ExSysAWZ .....	491
7.3. Zastosowanie AWZ dla innych celów.....	494
7.4. Zastosowanie AWZ do oceny ryzyka wybuchowego na stanowisku pracy .....	495
7.5. Zalety i wady AWZ.....	504
7.6. Programy komputerowe.....	506
7.6.1. Program AWZ .....	506
7.6.2. Program ExSysAWZ .....	509
7.6.3. Program ExAWZ.....	510
7.7. Przykłady analizy AWZ .....	512
7.7.1. Przykład 1 – Analiza AWZ dla przykładu 6.4.1.....	512
7.7.2. Przykład 2 – Analiza ryzyka dla magazynowania izobutanu.....	513
7.7.3. Przykład 3 – Ocena zapewnienia bezpieczeństwa dla kolumny destylacyjnej .....	521
7.7.4. Przykład 4 – Analiza zagrożeń procesowych dla instalacji procesowej .....	528
7.7.5. Przykład 5 – Ocena ryzyka wybuchowego ATEX.....	548
7.8. Literatura .....	554
8. CYBERBEZPIECZEŃSTWO.....	557
8.1. Wprowadzenie .....	557
8.2. Podstawowe regulacje prawne dotyczące cyberbezpieczeństwa.....	560
8.3. Ogólna struktura technologii informacyjnych w instalacjach procesowych .....	563
8.4. Charakterystyka cyberzagrożeń.....	568
8.5. Warunki decydujące o wystąpieniu cyberataku .....	563
8.6. Systemy cyberzabezpieczeń.....	573
8.7. Ocena cyberryzyka w instalacjach procesowych .....	583

---

8.7.1. Model cyberataku .....	584
8.7.2. Metodyka oceny cyberryzyka.....	586
8.8. Literatura do rozdziału 8 .....	602
9. KSZTAŁCENIE I SZKOLENIE W BEZPIECZEŃSTWIE PROCESOWYM.....	604
9.1. Wprowadzenie .....	604
9.2. Kształcenie w zakresie bezpieczeństwa procesowego .....	605
9.3. Szkolenie .....	608
9.4. Symulatory procesowe i programy komputerowe .....	610
9.5. Szkolenie wirtualnych sytuacji awaryjnych.....	612
9.6. Zarządzanie wiedzą .....	613
9.7. Rola specjalistów bezpieczeństwa procesowego .....	616
9.8. Źródła wiedzy z dziedziny bezpieczeństwa procesowego .....	618
9.9. Literatura .....	620
NOTKA BIOGRAFICZNA.....	622
Spis rysunków .....	624
Spis tabel .....	630