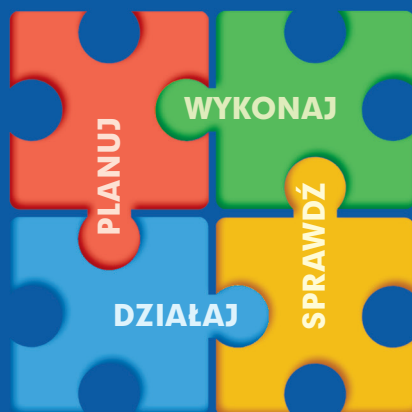


Maciej Kulig



doskonalenie PRZEDSIĘBIORSTW

kryzys drogą do sukcesu



Projekt okładki i stron tytułowych **Marek Goebel**

Wydawca **Katarzyna Włodarczyk-Gil**

Redaktor prowadzący **Iwona Lewandowska**

Redaktor **Joanna Forysiak**

Produkcja **Mariola Grzywacka**

Skład i łamanie **Bogusław Górecki**

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo
Więcej na www.legalnakultura.pl
Polska Izba Książki

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2016

ISBN 978-83-01-18854-2
Wydanie I

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2
tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288
infolinia 801 33 33 88
e-mail: pwn@pwn.com.pl; reklama@pwn.pl
www.pwn.pl
Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp z o. o.

Spis treści

Przedmowa	11
Na czym polegają trudności?	11
O czym jest ta książka	14
Kilka słów o autorze	15
Wstęp	17
Filozofia kryzysowa	20
Filozofia szukania winy	21
Filozofia ciągłego doskonalenia	24
Literatura	25
ROZDZIAŁ 1. Poprawianie procesu – koncepcja programu	27
1.1. Doskonalenie metodą małych zmian	27
1.1.1. Działania reaktywne	28
1.1.2. Działania proaktywne	32
1.1.3. Działania oparte na badaniu trendów	32
1.1.4. Program stopniowego poprawiania procesu	33
1.2. Rewolucyjne zmiany procesu	34
1.3. Zmiany stopniowe czy rewolucyjne?	35
Literatura	37
ROZDZIAŁ 2. Zasady wykorzystywania obserwacji procesowych	39
2.1. Procesowe ujęcie działalności biznesowej	40
2.2. Proces wykorzystania doświadczeń operacyjnych	41
2.2.1. Rozpoznanie problemu	42
2.2.2. Analiza źródłowych przyczyn problemu	46
2.2.3. Określenie środków naprawczych	49
2.2.4. Wdrożenie środków naprawczych	51
2.3. Organizacja programu	51
2.3.1. Zarządzanie programem	51
2.3.2. Zasoby materialne i kadrowe	54
2.3.3. Procedury administracyjne	55
2.3.4. Systemy informacyjne	55
2.3.5. Szkolenie	57
2.3.6. Audytowanie programu	58

2.4. Przykłady z praktyki	59
2.4.1. Przykład 1: korozja pokrywy zbiornika reaktora Davis Besse	59
2.4.2. Przykład 2: katastrofa samolotu AF447	61
2.4.3. Przykład 3: niekontrolowany wypływ wody ze zbiornika	64
2.4.4. Przykład 4: nieprawidłowe złącze przewodu elektrycznego	65
2.4.5. Przykład 5: długi czas realizacji zleceń naprawy	65
Literatura	67
ROZDZIAŁ 3. Program ciągłego doskonalenia procesu – wyzwania i bariery	68
3.1. Myślenie systemowe i dynamika systemów	68
3.2. Podstawy dynamiki programu doskonalenia	74
3.2.1. Aspekty organizacyjne i behawioralne	74
3.2.2. Dynamiczny model programu ciągłego doskonalenia	76
3.2.3. Analiza modelu	82
3.3. Wnioski z badań modelowych i analiz teoretycznych	86
3.3.1. Trudności związane z zarządzaniem programem	86
3.3.2. Kontrola skuteczności programu	88
3.4. Typowe bariery organizacyjne i behawioralne	90
3.4.1. Programy dotyczące jakości	90
3.4.2. Programy wykorzystujące zdarzenia operacyjne	93
3.5. Typowe bariery metodologiczne	101
3.5.1. Ocena ważności zdarzenia/problemu	101
3.5.2. Analiza przyczyn źródłowych	102
3.5.3. Wybór optymalnego rozwiązania	112
3.5.4. Klasyfikacja zdarzeń stosowana w analizach trendu	114
Literatura	116
ROZDZIAŁ 4. Rozpoznanie problemu	120
4.1. Identyfikacja problemu	120
4.2. Zgłoszenie problemu	122
4.2.1. Negatywne konsekwencje zgłoszenia	122
4.2.2. System motywacji do zgłaszania zdarzeń	125
4.2.3. Przejrzystość procesu zgłaszania zdarzeń	126
4.2.4. Postawa kierownictwa	126
4.3. Zdefiniowanie problemu	127
4.4. Klasyfikacja problemu	130
4.4.1. Ocena istotnych cech problemu/zdarzenia	132
4.4.2. Określenie priorytetu	136
4.5. Zbieranie informacji	138
4.5.1. Źródła informacji o problemie	140
4.5.2. Ogólne zalecenia dotyczące zbierania informacji	140
4.5.3. Wywiady z pracownikami	141
Literatura	147
ROZDZIAŁ 5. Analiza źródłowych przyczyn problemu	148
5.1. Zasada przyczyn i skutków	148
5.1.1. Podstawowe terminy	149
5.1.2. Podstawowe cechy zasady przyczyn i skutków	153

5.2. Metody dedukcyjne wykorzystujące drzewa przyczyn	156
5.2.1. Metoda drzewa przyczyn (CTM)	156
5.2.2. Metoda Apollo RCA	157
5.2.3. Metoda mapy przyczyn	159
5.2.4. Przykład zastosowania mapy przyczyn w analizie przyczyn wypadku	163
5.3. Metody wykorzystujące opracowane z góry schematy logiczne	180
5.3.1. Graficzna reprezentacja sekwencji zdarzeń	181
5.3.2. Identyfikacja istotnych zdarzeń	185
5.3.3. Identyfikacja przyczyn źródłowych przy użyciu schematów logicznych	199
5.4. Metody wykorzystujące podejście systemowe	225
5.4.1. Trudności i wyzwania współczesnej technologii	226
5.4.2. Geneza systemowych modeli wypadku	236
5.4.3. STAMP – systemowy model wypadku	238
5.4.4. Przykład zastosowania modelu STAMP w analizie przyczyn wypadku	245
5.5. Analiza fizycznych uszkodzeń urządzeń i komponentów	267
5.5.1. Proces badania i rozwiązywania problemu	269
5.5.2. Typowe narzędzia analityczne	272
Literatura	288
ROZDZIAŁ 6. Określenie skutecznych rozwiązań	291
6.1. Proces wyboru najkorzystniejszych rozwiązań	291
6.2. Określenie możliwych rozwiązań problemu	292
6.2.1. Ogólne zasady identyfikacji rozwiązań	292
6.2.2. Specyfika problemów lub zdarzeń o charakterze prekursorów	295
6.3. Ocena możliwych rozwiązań	298
6.3.1. Ocena poprawności	298
6.3.2. Ocena skuteczności	300
6.3.3. Ocena warunków realizacji	303
6.4. Wybór najwłaściwszego rozwiązania	311
6.5. Przekazanie wniosków dotyczących rozwiązania problemu	312
Literatura	313
ROZDZIAŁ 7. Wdrożenie optymalnych rozwiązań	315
7.1. Realizacja	315
7.2. Monitorowanie działań wdrożeniowych	316
7.3. Ocena skuteczności wdrożonych rozwiązań	318
Literatura	319
ROZDZIAŁ 8. Kompleksowe analizy zbioru obserwacji	320
8.1. Ogólne zasady	322
8.1.1. Cele i zakres analiz	322
8.1.2. Ogólne zasady grupowania danych	325
8.2. Dane wejściowe używane w analizach	326
8.2.1. Zakres danych	327
8.2.2. Jakość danych	328
8.3. Systemy klasyfikacji zdarzeń	330
8.3.1. Pożądane cechy systemu klasyfikacji zdarzeń	331
8.3.2. Ocena systemu klasyfikacji	332

8.4. Przykłady systemów klasyfikacji stosowanych w praktyce	333
8.4.1. System klasyfikacji zdarzeń w lotnictwie amerykańskim	333
8.4.2. System klasyfikacji zdarzeń w energetyce jądrowej	344
8.4.3. System klasyfikacji zdarzeń w sektorze ochrony zdrowia	349
8.5. Narzędzia analityczne	357
8.5.1. Badanie profilu zbioru zdarzeń	357
8.5.2. Badanie szeregów czasowych	367
Literatura	371
ROZDZIAŁ 9. Przekazywanie informacji i wniosków	374
9.1. Raport zgłoszenia zdarzenia (problemu)	375
9.1.1. Zdarzenia o istotnym znaczeniu	376
9.1.2. Zdarzenia uznane za mniej istotne	377
9.2. Raport z badania zdarzenia (problemu)	379
9.2.1. Zdarzenia o istotnym znaczeniu	379
9.2.2. Zdarzenia uznane za mniej istotne	384
9.3. Powiadomienia i sprawozdania	386
9.3.1. Powiadomienia	386
9.3.2. Sprawozdania okresowe	390
9.3.3. Prezentacje ustne	390
Literatura	392
Podsumowanie	393
DODATEK A. Definicje i skróty	404
A.1. Wykaz stosowanych skrótów	404
A.2. Definicje podstawowych terminów używanych w książce	407
DODATEK B. Organizacja, proces, system	411
B.1. Organizacja i jej elementy	411
B.2. Proces biznesowy	415
B.3. System	417
Literatura	418
DODATEK C. Kategorie uwarunkowań przyczynowych stosowane w metodzie HPIP	419
C.1. Procedury	419
C.1.1. Procedura nie została użyta	420
C.1.2. Procedura błędnie zastosowana	420
C.1.3. Procedura błędna lub niekompletna	422
C.2. Szkolenie	422
C.2.1. Brak szkolenia dotyczącego określonego zadania lub systemu	422
C.2.2. Niedoskonałe szkolenie	423
C.3. Komunikacja ustna	424
C.3.1. Przekaz mylnie zrozumiany	424

C.3.2. Brak komunikacji lub komunikacja spóźniona	424
C.3.3. Niedostateczne przekazanie zadania lub pracy w toku	425
C.4. Organizacja i zarządzanie	425
C.4.1. Niewłaściwe standardy, polityka, lub kontrola administracyjna (SPKA)	425
C.4.2. Niestosowane elementy SPKA	426
C.4.3. Postawa kierownictwa i nadzór	426
C.4.4. Niedostateczne środki naprawcze	427
C.4.5. Niedostateczna komunikacja interpersonalna i kultura organizacyjna	427
C.5. Ergonomia	427
C.5.1. Niedostateczny interfejs człowiek-maszyna	428
C.5.2. Niewłaściwe środowisko pracy	429
C.5.3. Nadmiernie złożony system	429
C.5.4. Niedostateczna tolerancja systemu na błędy	429
C.6. Nadzór bezpośredni	430
C.6.1. Niedostateczne przygotowanie zadania/pracy	430
C.6.2. Niedostateczny nadzór nad wykonaniem pracy	431
Literatura	431
DODATEK D. Analiza incydentu w gospodarstwie hodowli ryb – porównanie metod	432
D.1. Opis incydentu	432
D.2. Analiza zdarzenia – metoda TapRoOT	433
D.2.1. Zdefiniowanie problemu	433
D.2.2. Rozpoznanie problemu	433
D.2.3. Analiza przyczyn źródłowych	434
D.2.4. Identyfikacja rozwiązań	439
D.3. Analiza zdarzenia – metoda mapy przyczyn	442
D.3.1. Zdefiniowanie problemu	442
D.3.2. Analiza przyczyn źródłowych	443
D.3.3. Identyfikacja rozwiązań	447
Literatura	449
DODATEK E. Analiza przyczyn katastrofy samolotu AA965 – Cali, Kolumbia, 20 grudnia 1995 r.	450
E.1. Opis wypadku	450
E.2. Analiza wypadku	452
E.2.1. Zdefiniowanie problemu	452
E.2.2. Analiza przyczyn źródłowych	452
E.2.3. Identyfikacja rozwiązań	460
Literatura	463
DODATEK F. Analiza przyczyn awarii w japońskiej elektrowni jądrowej Fukushima w marcu 2011 r.	464
F.1. Podstawowe informacje o elektrowni Fukushima Dai-Ichi	464
F.2. Opis zdarzenia	471

F.3. Analiza zdarzenia	472
F.3.1. Zdefiniowanie problemu	472
F.3.2. Analiza przyczyn źródłowych	473
F.3.3. Identyfikacja rozwiązań	488
F.4. Podsumowanie	493
Literatura	493
DODATEK G. Analiza niekontrolowanego wypływu wody ze zbiornika	495
G.1. Opis incydentu	495
G.2. Analiza zdarzenia	496
G.2.1. Zdefiniowanie problemu	496
G.2.2. Analiza przyczyn źródłowych	497
G.2.3. Identyfikacja rozwiązań	500
DODATEK H. Analiza problemu medycznego: obcy przedmiot pozostawiony w ciele pacjenta po zabiegu operacyjnym	501
H.1. Opis problemu	501
H.2. Analiza problemu	502
H.2.1. Zdefiniowanie problemu	502
H.2.2. Analiza przyczyn źródłowych	503
H.2.3. Identyfikacja rozwiązań	507
Literatura	509
Spis rysunków	510
Spis tabel	514

Przedmowa

Celem tej książki jest przekazanie praktycznej wiedzy o skutecznym rozwiązywaniu problemów, jakie występują w różnych obszarach działalności człowieka – nie tylko w działalności biznesowej, lecz także w innych przedsięwzięciach, w których zmierza on do osiągnięcia określonych celów. Wszyscy zdajemy sobie sprawę, że niepowodzenia i błędy zdarzają się nawet w perfekcyjnie zaprojektowanych, starannie wykonanych i zainstalowanych oraz prawidłowo eksploatowanych obiektach, dobrze zarządzanych systemach czy procesach. Występowanie rozmaitych problemów w działalności ludzkiej jest nieuniknione. Wiąże się to zarówno z zawodnością urządzeń i narzędzi, stanowiących istotny element w realizacji procesów, szeroko pojętym czynnikiem ludzkim, jak i z oddziaływaniem czynników zewnętrznych. Problemy te wywołują niepożądane, często nieprzewidziane zaburzenia procesu, które wpływają negatywnie na uzyskiwane efekty. W potocznym znaczeniu problem to przeszkoda lub trudność, której konsekwencją jest zadanie wymagające rozwiązania.

W książce zastanawiamy się, jak najlepiej wykorzystać nasze niepowodzenia i błędy, aby uniknąć podobnych niepożądanych zdarzeń w przyszłości lub przynajmniej zmniejszyć ich skutki, które utrudniają osiągnięcie zamierzonych celów naszej działalności. Zdolność do skutecznego pokonywania przeszkód jest kluczem do sukcesu w każdym przedsięwzięciu. Badanie i rozwiązywanie problemów operacyjnych w przedsiębiorstwie lub organizacji, jako środek efektywnego poprawiania rzeczywistości, w jakiej prowadzona jest działalność, jest głównym przedmiotem tej książki. Niestety, umiejętność skutecznego radzenia sobie z trudnościami posiada tylko niewielka część pracowników i menadżerów zaangażowanych w działalność biznesową czy innych uczestników i decydentów celowej działalności człowieka.

Na czym polegają trudności?

Spróbujemy odpowiedzieć na to pytanie na przykładzie wziętym z życia. W jednej z elektrowni w czasie normalnej eksploatacji bloku obsługa zauważyła wyciek oleju z układu smarowania łożyska turbiny. Strumień gorącego płynu rozpryskiwał się

na obudowie zespołu szczotek generatora, co zmusiło operatorów do awaryjnego wyłączenia turbozespołu i w konsekwencji do zatrzymania całego bloku. Szczęśliwie nie doszło do pożaru w maszynowni, ale incydent ten skutkowało 20-godzinnym przestojem bloku, niezbędnym do zbadania i usunięcia przyczyn wycieku.

Ustalono, że był on spowodowany błędami obsługi popełnionymi dwa lata wcześniej, w czasie generalnego remontu turbiny. Bezpośrednią przyczyną problemu był nadmierny wzrost ciśnienia oleju w układzie smarowania łożyska turbiny – przewód odprowadzający olej z tego łożyska został zatkaany przez kawałki tkaniny, najprawdopodobniej użytej przez pracowników wykonujących prace remontowe do oczyszczenia powierzchni łożyska. Zdarzenie zostało zakwalifikowane jako zakłócenie pracy elektrowni, które wprawdzie spowodowało pewne straty ekonomiczne, ale nie stanowiło zagrożenia z punktu widzenia bezpieczeństwa obiektu (nieśluszenie, gdyż pewne ryzyko pożaru, który mógłby doprowadzić do poważniejszych strat, istniało). Zgodnie z istniejącymi wymaganiami przeprowadzono badanie zmierzające do wyjaśnienia jego przyczyn.

Niestety, analiza okoliczności zdarzenia nie pozwoliła ustalić, w jaki sposób te fatalne przedmioty (kawałki tkaniny) znalazły się w systemie olejowym łożyska turbiny. Okazało się, że dokumentacja jej remontu przeprowadzonego przed dwoma laty praktycznie nie istniała. Brakowało zapisów dotyczących sposobu przygotowania i realizacji prac, nie znaleziono protokołów z inspekcji przeprowadzonych po demontażu turbiny oraz przed zamknięciem kadłuba turbiny, jakie zwykle sporządza się w przypadku generalnego remontu urządzenia. W tej sytuacji możliwość zbadania, w jakich okolicznościach i z jakiego powodu „obcy przedmiot znalazł się w niewłaściwym miejscu”, były ograniczone. Co zrobiono, aby wykluczyć lub choćby zmniejszyć prawdopodobieństwo powtórzenia się takiego zdarzenia w przyszłości? Kierownictwo działu eksploatacji zostało zobligowane do przeprowadzenia szkolenia ukierunkowanego na problemy spowodowane „pozostawieniem obcego przedmiotu w niewłaściwym miejscu” dla wszystkich pracowników wykonujących prace obsługowo-remontowe.

Bardziej wnikliwe sprawdzenie danych eksploatacyjnych dotyczących zdarzeń zarejestrowanych w bazie danych elektrowni (przeprowadzone później przez niezależnych audytorów) ujawniło, że niepożądane zdarzenia wywołane przez tę samą przyczynę miały miejsce wcześniej, a także powtórzyły się później, w innych działach elektrowni. W reakcji na nie zastosowano podobne środki zapobiegawcze. Bezsprzecznie okazały się one nieskuteczne. Analiza ujawniła także, że nie zrobiono nic, aby zbadać i poprawić proces realizacji prac remontowych, nie wprowadzono żadnych zmian w istniejących procedurach określających wymagania dotyczące organizacji zadań, nadzoru nad ich wykonaniem, inspekcji powykonawczej czy kwalifikacji personelu wykonującego te zadania. Nie wyciągnięto wniosków dotyczących wyraźnie niedoskonałego systemu „uczenia się na własnych błędach”. Ułomności systemu nie zostały usunięte. Zastosowane środki zapobiegawcze koncentrowały się na bezpośrednich skutkach zdarzenia, a nie na istniejących słabościach środowiska pracy (procesu, systemu), w jakim prowadzona jest działalność. Podobny problem z pewnością powtórzy się w przyszłości.

Sytuacja opisana w przykładzie nie jest przypadkiem odosobnionym. Dotyczy ona działalności w sferze energetyki, bliskiej autorowi, ale podobne zdarzenia i zachowania decydentów i uczestników procesu można zaobserwować w wielu innych obszarach działalności produkcyjnej czy usługowej, takich jak transport, budownictwo, bankowość, ochrona zdrowia itp. Czytelnik znajdzie w tej książce przykłady, w których podobne zaniechania i błędy doprowadziły do degradacji systemu i – w następstwie – do poważnych wypadków, a nawet katastrof.

Wspomniana trudność zbadania przyczyn problemu i wprowadzenia określonych zmian w systemie jest jedną z głównych, ale nie jedyną realną przeszkodą w skutecznym wykorzystaniu niepożądanych zdarzeń do poprawiania środowiska pracy. Realizacja filozofii, w której problemy operacyjne stają się sposobnością do identyfikacji niedoskonałości procesu (i związanego z nim systemu) oraz znalezienia skutecznych środków naprawczych, wymaga pewnego wysiłku organizacyjnego, a także racjonalnych decyzji odnośnie do wykorzystania dostępnych środków materialnych i ludzkich. Warunkiem skuteczności jest wdrożenie odpowiedniego programu działania, wykorzystującego zdarzenia i problemy, a także inne obserwacje operacyjne, do systematycznego poprawiania procesu (systemu). W książce został on nazwany programem ciągłego doskonalenia (ang. *continuous improvement program*).

Jednym z ważnych zagadnień jest efektywność takiego programu. Sceptycy mogą podważać celowość wydatkowania środków organizacji na badanie wielu pojawiających się problemów i zdarzeń, często mało znaczących z punktu widzenia ich wpływu na realizację celów działalności. Czy wszystkie problemy operacyjne warto analizować? A jeżeli nie wszystkie, to które? Jaka powinna być szczegółowość takich analiz? Kto powinien uczestniczyć w realizacji programu? Znalezienie odpowiedzi na te i podobne pytania jest niezwykle ważne z punktu widzenia skuteczności programu.

Ustalenia podejmowane w związku z organizacją, wdrożeniem i realizacją programu dotyczą nie tylko rzeczowych (technicznych) aspektów procesu. Nie mniej istotne są decyzje organizacyjne, związane z czynnikiem ludzkim – percepcją, procesem uczenia się i zachowaniami. Niedocenianie czynników psychologicznych i społecznych było niejednokrotnie przyczyną niepowodzeń.

W opinii specjalistów korzyści płynące z programu ciągłego doskonalenia są wciąż jeszcze niedocenione przez kierownictwo i niedostatecznie rozumiane przez pracowników. Mimo że istnieje wiele metod badania i rozwiązywania problemów operacyjnych, ich praktyczne zastosowanie jest ograniczone lub nieskuteczne. W wielu przypadkach analizy przyczyn nie są w wystarczającym stopniu głębokie; badanie wypadku najczęściej kończy się, gdy zostaną ustalone osoby winne jego spowodowania, na co niejednokrotnie mają znaczny wpływ aspekty prawne lub polityczne. W praktyce obserwuje się wciąż silne tendencje do koncentrowania wysiłków na problemach ujawnionych w związku z poważnymi zdarzeniami (wypadkami, awariami, katastrofami), a niedocenianie wartości poznawczych, jakie można uzyskać przez badanie drobnych incydentów (odchyleń, niebezpiecznych warunków lub zachowań, tzw. zdarzeń niedoszłych),

niebędących przedmiotem zainteresowania organów dozoru. Istotną przeszkodą jest panująca wciąż jeszcze „kultura strachu”, która nie sprzyja zgłaszaniu takich zdarzeń (problemów) przez personel operacyjny organizacji.

O czym jest ta książka

W książce czytelnik znajdzie szereg wskazówek dotyczących praktycznej realizacji filozofii ciągłego doskonalenia. Zawiera ona obszerny opis wielu dostępnych metod i technik związanych z analizą problemów (zdarzeń) operacyjnych umożliwiających określenie ich przyczyn i wybór optymalnych środków, które zapobiegą powtórzeniu się podobnych zdarzeń w przyszłości. Przedstawiony materiał ułatwia sformułowanie odpowiednich pytań i pomaga w znalezieniu na nie odpowiedzi, które pozwolą ustalić nie tylko, co się stało i jak to się stało, ale również, dlaczego obserwowany problem miał miejsce, a także, w jaki sposób można go uniknąć lub przynajmniej zmniejszyć jego skutki w przyszłości.

W publikacji omówiono również wiele praktycznych aspektów związanych z kompleksowym programem wykorzystania obserwacji operacyjnych do systematycznego poprawiania środowiska pracy (procesu, systemu), w jakim prowadzona jest działalność. Zajęto się w niej głównie problematyką związaną z działalnością produkcyjną lub usługową w sektorach technicznych (energetyce, przemyśle chemicznym i rafineryjnym, transporcie itp.). Warto jednak podkreślić, że aspekty metodologiczne i organizacyjne odnoszą się w równym stopniu do innych obszarów działalności, takich jak ochrona zdrowia lub usługi bankowe. Podobne problemy występują także w organizacjach społecznych (administracji, organizacjach non profit), a metody stosowane do ich rozwiązywania są te same, jak w działalności biznesowej.

W książce podjęto próbę kompleksowego przedstawienia dostępnych metod i narzędzi analitycznych umożliwiających badanie przyczyn problemów, identyfikację skutecznych środków zapobiegawczych i ich pomyślnie wdrożenie zgodnie z filozofią ciągłego doskonalenia. Wykorzystano przy tym nie tylko obszerną literaturę, lecz także osobiste doświadczenia autora, którego działalność zawodowa jest związana głównie z energetyką jądrową, w tym z konsultacji i szkoleń dla potrzeb agencji dozoru jądrowego i operatorów elektrowni jądrowych. Zdając sobie sprawę, że poruszona w książce tematyka odnosi się do wielu różnych obszarów działalności, autor starał się również uwzględnić specyfikę innych sektorów działalności, takich jak lotnictwo, ochrona zdrowia czy usługi komunalne. W książce wykorzystano szereg przykładów ich dotyczących.

Materiał prezentowany w książce został uporządkowany w sposób ułatwiający właściwe zrozumienie tej niewątpliwie niełatwej problematyki. Wstęp zawiera zwięzłe informacje dotyczące najbardziej znanych metod zarządzania jakością, które przyczyniły się do spopularyzowania koncepcji ciągłego doskonalenia. Przedstawione zostały

również podstawy filozofii ciągłego doskonalenia, w której wykorzystuje się informacje uzyskane na podstawie analizy obserwacji operacyjnych.

Rozdział 1 prezentuje koncepcję kompleksowego programu, jaki powinien zostać wdrożony w przedsiębiorstwie (organizacji) dla skutecznego wykorzystania dostępnych obserwacji procesowych (programu ciągłego doskonalenia).

W rozdz. 2 przedstawiono zasady wykorzystania obserwacji procesowych zgodnie z koncepcją programu ciągłego doskonalenia. W rozdziale tym scharakteryzowano podstawowe etapy procesu związanego z wykorzystaniem zdarzeń (problemów) operacyjnych – zgłoszeniem i rozpoznaniem problemu, analizą przyczyn problemu, określeniem skutecznych rozwiązań, a następnie z ich wdrożeniem.

W rozdz. 3 omówiono typowe wyzwania związane z ciągłym doskonaleniem, a także bariery, które mogą mieć negatywny wpływ na skuteczność programu ciągłego doskonalenia. Zwrócono uwagę na źródła wielu trudności związanych z praktyczną realizacją programu.

Rozdziały 4–7 są poświęcone analizie pojedynczych zdarzeń (problemów) obserwowanych i rejestrowanych w trakcie realizacji procesu biznesowego. Omówione są szczegółowo metody i techniki stosowane na poszczególnych etapach procesu wykorzystania informacji operacyjnych uzyskanych w ramach programu – rozpoznaniem problemu, analizą przyczyn źródłowych, określeniem skutecznych rozwiązań oraz wdrożeniem wybranych rozwiązań.

W rozdz. 8 przedstawiono zasady kompleksowego badania zbioru danych zgromadzonych w ramach programu, które może dostarczyć dodatkowych informacji o słabościach istniejącego procesu.

Rozdział 9 dotyczy zasad przekazywania informacji związanych z realizacją programu ciągłego doskonalenia dokonywanego na różnych jego etapach.

Podsumowanie prezentuje wnioski wynikające z przedstawionego w książce materiału. W dodatkach znajduje się materiał o charakterze porządkowym (definicje podstawowych terminów, słowniczek skrótów), a także uzupełnienie niektórych rozdziałów książki i prezentacja kilku dodatkowych przykładów ilustrujących praktyczne zastosowanie wybranych metod i narzędzi.

Kilka słów o autorze

Autor książki od wielu lat zajmuje się problematyką bezpieczeństwa – analizami ryzyka i metodami zarządzania ryzykiem, w tym także wykorzystaniem doświadczeń eksploatacyjnych w inżynierii bezpieczeństwa. Istotnym źródłem wiedzy są osobiste doświadczenia autora zdobyte w organizacjach zajmujących się tą tematyką w Polsce (w Instytucie Badań Jądrowych i Instytucie Energii Atomowej, Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej oraz Państwowym Inspektoracie Bezpieczeństwa

Jądrowego i Ochrony Radiologicznej), a także za granicą (w Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej i firmie konsultacyjnej Enconet Consulting).

Autor brał udział w projektach dotyczących przeglądów programów wykorzystania doświadczeń eksploatacyjnych w kilku elektrowniach jądrowych. Był również organizatorem i wykładowcą na kursach szkoleniowych w zakresie metod analizy przyczyn źródłowych, a także autorem zaleceń dotyczących tej tematyki, przeznaczonych zarówno dla personelu elektrowni, jak i inspektorów dozoru jądrowego. Uczestniczył również w projektach zainicjowanych przez przemysł jądrowy i zmierzających do wymiany doświadczeń dotyczących zarządzania ryzykiem nagromadzonych w innych sektorach podwyższonego ryzyka, takich jak lotnictwo i transport morski.

Określenie skutecznych rozwiązań

Na tym etapie badania problemu (niepożądanego zdarzenia) poszukuje się sposobu rozwiązania, tj. takich środków naprawczych, których zastosowanie istotnie zmniejszy prawdopodobieństwo powtórzenia się problemu albo złagodzi ewentualne skutki podobnego zdarzenia. Warto przypomnieć, że na tym etapie analiz problem został już właściwie rozpoznany i zbadany pod względem możliwych przyczyn. Podejścia oraz stosowane metody i narzędzia analityczne związane z tymi etapami analiz są omówione szczegółowo w rozdz. 4 i 5.

Rozpoznanie problemu (zdarzenia) obejmuje identyfikację, zgłoszenie, zdefiniowanie i klasyfikację problemu. W wyniku tych analiz problem zauważony przez pracownika lub grupę pracowników został zgłoszony w formie raportu i zarejestrowany w odpowiedniej bazie danych, dokonano również oceny problemu pod względem ważności i zgodnie z tym ustalono sposób i zakres dalszych działań związanych z tym problemem. Przeprowadzona została analiza źródłowych przyczyn problemu. Jej wynikiem jest zbiór przyczyn (uwarunkowań przyczynowych) związanych z rozpatrywanym problemem. Częścią tego zbioru są przyczyny źródłowe, które mogą być kontrolowane przez osobę odpowiedzialną za rozwiązanie problemu („właściciela” problemu). Ten zbiór przyczyn jest punktem wyjścia do identyfikacji możliwych rozwiązań.

W tym rozdziale omówiono podstawowe cele i zasady określania skutecznych środków naprawczych. Sprecyzowano kryteria oceny skuteczności tych środków umożliwiające znalezienie optymalnego rozwiązania. W rozważaniach uwzględniono specyficzne cechy mniej istotnych problemów lub zdarzeń (prekursorów awarii lub zdarzeń przedwypadkowych), stanowiących istotny element w proaktywnym programie ciągłego doskonalenia procesu. Materiał przedstawiony w tym rozdziale stanowi rozszerzenie podanych wcześniej informacji dotyczących aspektów organizacyjnych (rozdz. 2.2.3) i metodologicznych (rozdz. 5) związanych z tym etapem badań problemu.

6.1. Proces wyboru najkorzystniejszych rozwiązań

Identyfikacja rozwiązań wymaga systematycznego przejrzania zbioru przyczyn określonych w poprzednim etapie procesu badania problemu i wybraniu spośród nich tych przyczyn, na które „właściciel” problemu może skutecznie oddziaływać. W odniesieniu

do tych przyczyn stosowany jest termin „przyczyny źródłowe”. W zależności od zastosowanej metody analiz przyczyn źródłowych ich zbiór, stanowiący punkt wyjścia do określenia rozwiązań problemu, jest przedstawiany w postaci graficznej w formie mapy przyczyn, schematu sekwencji zdarzeń czy listy przyczyn. Dla każdej przyczyny źródłowej uwidocznionej na mapie przyczyn może być znalezione przynajmniej jedno rozwiązanie. W niektórych przypadkach określony środek naprawczy może odnosić się do więcej niż jednej przyczyny. W miarę możliwości rozwiązania powinny mieć na celu zmniejszenie prawdopodobieństwa powtórzenia się problemu (zdarzenia), a jeśli nie jest to możliwe w praktyce – zmniejszenie potencjalnych skutków zdarzenia.

Ponieważ każdy problem (zdarzenie) ma teoretycznie nieskończenie wiele przyczyn, dlatego istnieje nieskończenie wiele możliwych rozwiązań. Celem analizy jest jednak znalezienie najlepszego. W realnej sytuacji zbiór przyczyn jest ograniczony zarówno ze względu na niedostateczną wiedzę badającego problem, jak i istniejące w praktyce ograniczenia dotyczące środków w dyspozycji przy badaniu przyczyn problemu. Istotnym czynnikiem wpływającym na zakres analizy przyczyn, a tym samym na ich liczbę i liczbę możliwych rozwiązań, jest stopień ważności badanego problemu. Środki naprawcze, które oddziałują na większą liczbę przyczyn, pozwalają na skuteczniejsze ograniczenie ryzyka związanego z danym problemem. W praktyce problemy związane ze znacznym ryzykiem wymagają analiz o większej szczegółowości. Ponieważ niektóre rozwiązania mogą być skuteczniejsze w swym oddziaływaniu lub łatwiejsze do realizacji, podczas gdy inne mogą wpływać na przyczyny tylko w niewielkim stopniu lub wymagać znacznych środków, zalecane jest określenie wszystkich potencjalnych rozwiązań, a następnie wybranie tylko tych, które uważa się za najbardziej efektywne oraz najkorzystniejsze z punktu widzenia ich realizacji.

Proces wyboru najważniejszych rozwiązań powinien zawierać następujące elementy:

- wybranie przyczyn, które mogą stanowić potencjalne źródło działań prewencyjnych,
- określenie możliwych rozwiązań związanych z każdą z wytypowanych wyżej przyczyn,
- wszechstronna ocena i porównanie wytypowanych rozwiązań,
- wybranie rozwiązań, które zostaną ostatecznie wdrożone.

6.2. Określenie możliwych rozwiązań problemu

6.2.1. Ogólne zasady identyfikacji rozwiązań

Systematyczna analiza potencjalnych rozwiązań problemu rozpoczyna się od wytypowania przyczyn, na które „właściciel” problemu może realnie oddziaływać, zmierzając do ich usunięcia. Najwygodniej przeprowadzić taką analizę, posługując się graficzną

reprezentacją zbioru przyczyn, tzw. mapą przyczyn opisaną w rozdz. 5.2.3. Reprezentacja taka jest szczególnie wygodną formą przedstawienia zbioru przyczyn, która ułatwia identyfikację przyczyn źródłowych i określenie na tej podstawie możliwych rozwiązań. W tym kontekście mapa przyczyn ma szereg istotnych zalet:

- precyzyjnie definiuje problem i jego ważność z punktu widzenia jego „właściciela”,
- w jasny sposób przedstawia wszystkie zidentyfikowane związki przyczynowo-skutkowe związane z rozważanym problemem,
- precyzyjnie określa związki między przyczynami a rozważanym problemem,
- przedstawia użyte dowody potwierdzające istnienie zidentyfikowanych przyczyn,
- jednoznacznie przyporządkowuje rozwiązania do zidentyfikowanych przyczyn i jasno wyjaśnia, w jaki sposób zapobiegą one powtórzeniu się problemu,
- jest idealną platformą do znalezienia kreatywnych rozwiązań.

Zasady prowadzenia analiz, omawiane w tym rozdziale, odwołują się do zbioru przyczyn przedstawionego w tej właśnie formie. Jak wspomniano wyżej, identyfikacja rozwiązań wymaga systematycznego przejścia wszystkich przyczyn uwidoczniionych na mapie dla stwierdzenia, czy z punktu widzenia „właściciela” problemu istnieje możliwość realnego oddziaływania na te przyczyny. Proces ten wiąże się ze znalezieniem odpowiedzi na pytania: „Dlaczego ta przyczyna tutaj się pojawia?” oraz „Co można zrobić, aby ją usunąć, zmniejszyć jej wpływ lub kontrolować w taki sposób, aby wywoływany przez nią skutek bezpośredni nie występował?”. Jeżeli istnieje skuteczny sposób oddziaływania na tę przyczynę, zostaje ona umieszczona na liście przyczyn, które będą brane pod uwagę przy wyborze ostatecznego rozwiązania. Na tym etapie analizy precyzyjna definicja proponowanych środków naprawczych nie jest jeszcze niezbędna.

Następnym krokiem jest ustalenie możliwych rozwiązań dla każdej z przyczyn wytypowanych w poprzednim kroku. Proces identyfikacji rozwiązań jest łatwiejszy i bardziej skuteczny, jeśli zostanie rozpoczęty od prawej strony mapy i przebiega w lewo, w kierunku bezpośredniego skutku. Uważa się [1], [3], że próby oceny ewentualnych środków naprawczych przed zakończeniem tego procesu nie są celowe. Nie należy też starać się za wszelką cenę, aby przypisać rozwiązania do wszystkich przyczyn uwidoczniionych na mapie. Wstępna selekcja przyczyn jest dokonywana już na tym etapie. W niektórych przypadkach właściwą decyzją jest powstrzymanie się od działania, np. gdy z analizy wynika, że przyczyna była związana z bardzo specyficznymi okolicznościami, których powtórzenie jest mało prawdopodobne. W niektórych przypadkach badający problem nie będzie mógł znaleźć odpowiedniego rozwiązania, gdyż wymaga to dalszych analiz, które są zbyt kosztowne, pracochłonne lub trudne do przeprowadzenia. W tym przypadku dobrze jest jednak opracować plan zmierzający do zgromadzenia dodatkowych informacji dotyczących relacji przyczynowo-skutkowych i potrzebnych dowodów, aby przygotować się lepiej na wypadek powtórzenia się tego problemu.

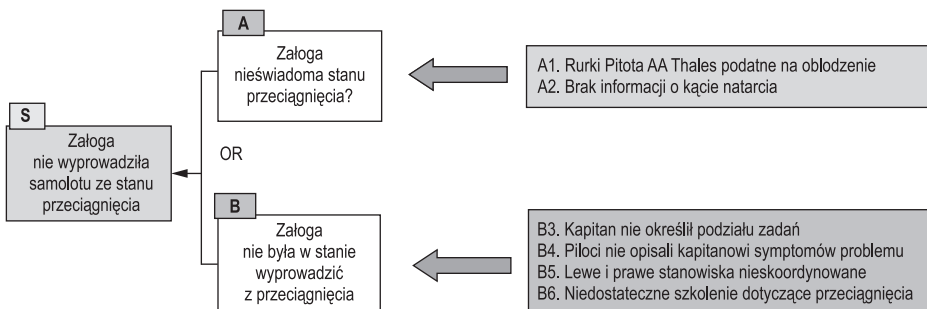
Na tym etapie analiz może się okazać, że kandydatem do ostatecznego rozwiązania jest gałąź przyczynowo-skutkowa, która nie została dostatecznie rozbudowana,

ponieważ inne gałęzie mapy wymagają środków naprawczych wykraczających poza kompetencje „właściciela” problemu lub są niekompletne, a ich uzupełnienie wiązałoby się ze znacznym wysiłkiem badawczym. Często w tej fazie badania problemu okazuje się, że analiza przyczyn została zakończona zbyt wcześnie albo pominięto niektóre istotne gałęzie, w związku z tym mapa przyczyn powinna być rozbudowana przez dodanie nowych przyczyn.

Zalecaną metodą typowania rozwiązań jest zastosowanie niekonfrontacyjnej burzy mózgów z udziałem dwóch lub więcej osób. Gano [1] podkreśla, że takie podejście sprzyja identyfikacji więcej niż jednego rozwiązania oddziałującego na określoną przyczynę, co jest ze wszech miar korzystne, gdyż rozszerza zbiór możliwych rozwiązań rozpatrywanych w następnych krokach przy poszukiwaniu rozwiązania najkorzystniejszego. Typując listę przyczyn stanowiących podstawę do określenia rozwiązań, należy rozróżnić bramki logiczne „or” i „and”. Bramki „or” stosuje się, gdy przy badaniu konkretnego problemu, oprócz rzeczywistych przyczyn potwierdzonych dowodami, zostają ujawnione także inne prawdopodobne przyczyny, które mogą wywołać ten sam skutek. Bramka tego typu może być również użyta, gdy badający nie jest w stanie stwierdzić, który z możliwych scenariuszy spowodował konkretny problem (zdarzenie). Na rys. 6.1 przedstawiony jest fragment mapy przyczyn dotyczącej katastrofy samolotu AF447, który ilustruje użycie takiej bramki. Niepożądany skutek (S) „Załoga nie wyprowadziła samolotu z przeciągnięcia” może być wywołany dwiema przyczynami:

- A – załoga była nieświadoma, że samolot znalazł się w stanie przeciągnięcia, ALBO
- B – załoga była niezdolna, aby wykonać pomyślnie ten manewr.

W tym konkretnym przypadku badanie katastrofy nie dostarczyło przekonujących dowodów, która z tych przyczyn była decydująca dla wywołania zaistniałego skutku (S). Należy pamiętać, że zasadniczym celem działań prewencyjnych jest zminimalizowanie ryzyka związanego z wystąpieniem niepożądanych skutków, niezależnie



Rys. 6.1. Fragment mapy przyczyn dotyczącej katastrofy samolotu AF447, który ilustruje sposób użycia bramki logicznej „or”

od scenariusza, który może do tego doprowadzić. Dlatego w przypadku bramki logicznej „or” proponowane rozwiązania powinny dotyczyć wszystkich możliwych przyczyn (gałęzi przyczynowo-skutkowych stanowiących wejście tej bramki). W tym przypadku pominięcie w analizach niektórych przyczyn spowoduje ograniczenie skuteczności znalezionych rozwiązań. W przypadku bramek typu „and”, aby uniknąć określonego tą branką skutku, wystarczy usunąć tylko jedną z przyczyn (gałęzi przyczynowo-skutkowych). Jednak należy pamiętać, że to stwierdzenie jest prawdziwe tylko wtedy, gdy wybrane rozwiązanie zapewni całkowite wyeliminowanie wpływu tej przyczyny, co jest trudne do osiągnięcia w praktyce.

Na rys. 6.1 przedstawiono dwa podzbiory przyczyn, które mogą być brane pod uwagę przy wyborze ostatecznego rozwiązania: $\{A1, A2\}$ oraz $\{B3, B4, B5, B6\}$, związane odpowiednio z gałęzią A i B. Dla uproszczenia nie została pokazana struktura logiczna tych gałęzi. Należy zaznaczyć, że w tym przypadku rozwiązania związane z gałęzią A powinny być rozpatrywane niezależnie od rozwiązań związanych z gałęzią B. Należy to wziąć pod uwagę, dokonując ostatecznego wyboru rozwiązań problemu. W związku z konkretną strukturą obu gałęzi przyczynowo-skutkowych (A i B) efektywne oddziaływanie na skutek (S) wymaga zastosowania przynajmniej jednego (najlepszego) rozwiązania związanego z gałęzią A ORAZ przynajmniej jednego związanego z gałęzią B.

6.2.2. Specyfika problemów lub zdarzeń o charakterze prekursorów

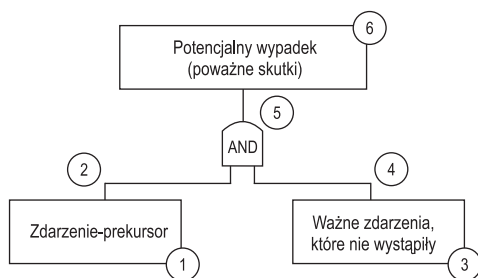
Opisany wyżej proces identyfikacji możliwych rozwiązań problemu jest naturalny i logiczny w odniesieniu do problemów czy zdarzeń, w których mamy do czynienia z niepożądanym skutkiem (stratą). Postępowanie takie może nastrożać pewnych trudności w odniesieniu do problemów (zdarzeń) o charakterze prekursorów, które nie powodują niepożądanych skutków lub wywołują skutki oceniane jako nieznaczne. W odniesieniu do takich problemów (zdarzeń) proponowane środki naprawcze nie powinny ograniczać się do zapobiegania podobnym problemom/zdarzeniom. Z definicji zdarzenia o charakterze prekursorów nie są związane z powstaniem znacznej straty, więc z tego punktu widzenia ich powtórzenie nie powinno stanowić wielkiego problemu. Takie zdarzenia stanowią jednak cenne źródło informacji o niezadowolającym stanie procesu (systemu), które można wykorzystać, aby zapobiec problemom znacznie poważniejszym. Takie problemy ujawniają niewielkie pęknięcia w strukturze systemu.

W odniesieniu do problemów lub zdarzeń o charakterze prekursorów Phimister i współpracownicy [3] zalecają, aby proces wyboru możliwych rozwiązań (środków naprawczych) uwzględniał specyficzny charakter prekursora. W podejściu tym identyfikacja możliwych rozwiązań jest prowadzona na kilku różnych poziomach odpowiadających określonym punktom wpływu (ang. *levers*). Odpowiednia reprezentacja zdarzenia, która ułatwia takie podejście, może tu być pomocna przy ustalaniu możliwych rozwiązań. Reprezentacja zdarzenia-prekursora proponowana przez autorów [3] uwzględnia dwa czynniki, które decydują o jego ważności:

- najbardziej prawdopodobny scenariusz wypadku, do którego mogłoby doprowadzić zdarzenie-prekursor,
- dodatkowe warunki lub zdarzenia, które musiałyby mieć miejsce, aby zaistniał taki wypadek.

Pierwszy z tych czynników określa potencjalne konsekwencje zdarzenia-prekursora, drugi decyduje o prawdopodobieństwie wystąpienia tych konsekwencji.

Wspomniane trzy elementy – zdarzenie-prekursor, potencjalny wypadek (niepożądane skutki) i dodatkowe warunki lub zdarzenia, które mogły przesądzić o takim wypadku – są ze sobą związane relacją logiczną, przedstawioną na rys. 6.2 w formie drzewa zdarzeń. Na rysunku tym pokazano również punkty wpływu ułatwiające definiowanie środków naprawczych. Reprezentacja zdarzenia w tej formie jest bardzo przydatna, ponieważ może pomóc w ocenie ważności zdarzenia-prekursora w kategoriach ryzyka. W pracy [3] autorzy zwracają uwagę, że reprezentacja taka pozwala również na identyfikację środków naprawczych odnoszących się do różnych obszarów działalności organizacji (punktów procesu).



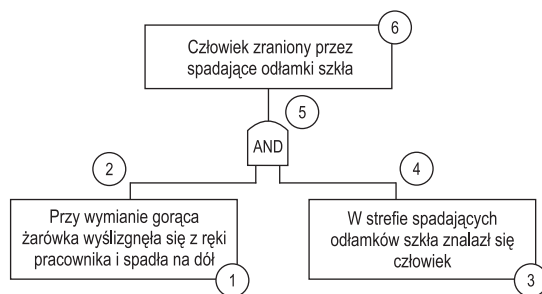
Rys. 6.2. Reprezentacja zdarzenia-prekursora w postaci drzewa zdarzeń (numery 1–6 wskazują punkty wpływu uwzględniane przy określeniu środków naprawczych; wg [3])

W pracy [3] podano zalecenia dotyczące wyboru możliwych rozwiązań (środków naprawczych) uszeregowane według sześciu poziomów (punktów wpływu):

1. Na podstawie opisu zdarzenia-prekursora określa się środki naprawcze zmierzające do zmniejszenia prawdopodobieństwa powtórzenia się podobnego zdarzenia.
2. Zakładając, że zdarzenie-prekursor opisane wyżej ma miejsce, określa się środki naprawcze mające na celu zmniejszenie prawdopodobieństwa jednoczesnego wystąpienia zdarzenia-prekursora oraz dodatkowych warunków lub zdarzeń, które mogły przesądzić o wypadku.
3. Na podstawie opisu dodatkowych warunków lub zdarzeń, które mogły przesądzić o wypadku, określa się środki naprawcze zmierzające do zmniejszenia prawdopodobieństwa tych czynników lub zdarzeń.
4. Zakładając, że wymienione w punkcie 3 warunki lub zdarzenia, które mogły przesądzić o wypadku, mają miejsce, wprowadza się zabezpieczenia mające na celu zmniejszenie prawdopodobieństwa jednoczesnego wystąpienia tych warunków lub zdarzeń oraz zdarzenia-prekursora.

5. Zakładając, że następuje zdarzenie-prekursor oraz dodatkowe okoliczności lub zdarzenia wymienione w punkcie 3 i że zabezpieczenia wymienione w punktach 3 i 4 nie są skuteczne, wprowadza się zabezpieczenia zmierzające do zmniejszenia prawdopodobieństwa wypadku.
6. Zakładając, że wypadek nastąpi, opracowuje się plany postępowania w sytuacji zagrożenia zmierzające do zmniejszenia skutków wypadku.

Warto podkreślić, że takie podejście skłania badającego problem nie tylko do zwrócenia uwagi na przyczyny, które spowodowały obserwowany problem (niepożądany skutek), lecz także do zastanowienia się nad czynnikami, które pozwoliły uniknąć poważniejszego problemu, i nad tym, jak wpłynąć na wzmocnienie pozytywnego oddziaływania tych czynników. Analiza dotycząca „historii sukcesu” konkretnego problemu lub zdarzenia może ujawnić, że nie wszystko przebiegało tak idealnie i te czynniki będą niewątpliwie pierwszymi kandydatami do ulepszeń. Należy zauważyć, że wymienione punkty wpływu wskazują na potencjalne możliwości rozwiązania problemu – nie oznacza to, że badający problem musi rozważyć wszystkie te możliwości. Dla ilustracji tego podejścia autorzy [3] posłużyli się zdarzeniem, które mogło się zdarzyć w wielu sferach działalności biznesowej, związanym z wymianą uszkodzonej żarówki w lampie zawieszanej nad platformą usytuowaną na wysokości kilku pięter. Przepalona żarówka była jeszcze rozgrzana i pracownik, wykręcając ją z oprawki lampy, sparzył się w rękę. W wyniku tego żarówka wyslizgnęła mu się z ręki i rozbiła od uderzenia w podłogę platformy, a odłamki szkła przedostały się przez ażurową kratownicę podłogi i spadły z dużej wysokości na niższe poziomy. Szczęśliwie w strefie spadających odłamków szkła nikogo nie było, więc do wypadku nie doszło. Rys. 6.3 ilustruje, w jaki sposób to zdarzenie może być przedstawione w formie uproszczonego drzewa zdarzeń.



Rys. 6.3. Drzewo zdarzeń dla incydentu związanego z wymianą żarówki (numery 1–6 wskazują punkty wpływu uwzględniane przy określeniu środków naprawczych; wg [3])

W tab. 6.1 przedstawiono możliwe środki naprawcze pozwalające zmniejszyć ryzyko związane z opisanym incydem wymiany żarówki, które zostały przyporządkowane poszczególnym punktom wpływu zaznaczonym na rys. 6.3.

Z uwagi na niewielkie ryzyko związane z opisanym wyżej incydem systematyczna analiza dotycząca wszystkich możliwych punktów wpływu może wydawać się

Tab. 6.1. Możliwe środki naprawcze związane z incydem wymiany żarówki (wg [3])

1A	Wstrzymaj się z wymianą przepalanej żarówki do czasu aż wystygnie
1B	Przeprowadzaj wymianę w rękawiczkach ochronnych
2A	W czasie wymiany przykryj podłogę pod lampą matą, która może zatrzymać spadające przedmioty
3A	Ustaw na podłodze niższych pięter platformy znaki informujące o prowadzeniu prac na wysokości
4A	Zamiast ażurowej struktury podłogi zastosuj elementy, które mogą zatrzymać spadające przedmioty
5A	Stosuj żarówki odporne na stłuczenie
5B	Dopilnuj egzekwowania przepisów BHP dotyczących użycia hełmów ochronnych
6A	Zlokalizuj punkt sanitarny w niewielkiej odległości od platformy
6B	Przeprowadź dodatkowe szkolenie w zakresie pierwszej pomocy przy zranieniu odłamkami szkła

przesadna. Czytelnik może mieć wrażenie, że w tym przypadku zdroworozsądkowe podejście, cokolwiek miałyby to oznaczać, byłoby wystarczające. Należy zauważyć, że przytoczony tu incydent jest wykorzystany jedynie dla poglądowej ilustracji opisanego podejścia. Uzyskiwane korzyści mogą być dużo wyraźniejsze w odniesieniu do bardziej złożonych problemów i zdarzeń, w szczególności tych, które mogą doprowadzić do bardzo poważnych skutków. W takich przypadkach efektywne zredukowanie poziomu ryzyka wymaga oddziaływania na wiele różnych przyczyn i zastosowania wielu różnych środków naprawczych.

6.3. Ocena możliwych rozwiązań

Możliwe rozwiązania zidentyfikowane w poprzednim kroku powinny być ocenione z punktu widzenia ich poprawności, skuteczności, a także realnych możliwości ich wdrożenia. W rozdz. 6.3.1–6.3.3 zaprezentowano zalecenia i praktyczne wskazówki, które mogą być przydatne w realizacji tego etapu procesu.

6.3.1. Ocena poprawności

Rozwiązanie można uznać za poprawne, jeżeli spełnia trzy podstawowe warunki [1]:

- rozwiązanie zapobiega powtórzeniu się problemu,
- decyzja dotycząca rozwiązania leży w kompetencjach „właściciela” problemu,
- rozwiązanie jest zgodne z celami przyjętymi w danej organizacji (firmie).

Według Gano [1] pod pojęciem „powtórzenie się problemu” należy rozumieć powtórne wystąpienie tego samego niepożądanego skutku spowodowane przez ten sam zbiór (rozpoznanych) przyczyn. Każda inna interpretacja wskazuje na niezrozumienie problemu. Kwestia odpowiednich kompetencji „właściciela” problemu jest ważna z punktu widzenia efektywności procesu. Należy jednak pamiętać, że decyzje dotyczące odpowiedzialności za rozwiązanie problemu („własność” problemu)

są zwykle podejmowane we wczesnej fazie badania problemu i może się zdarzyć, że w następnych etapach lista interesariuszy będzie wymagała uzupełnienia. W procesie rozwiązania problemu należy zmierzać do włączenia wszystkich zainteresowanych stron.

Na podstawie przeprowadzonych analiz przyczyn może się okazać, że skuteczne rozwiązania będą wymagały akceptacji na wyższym poziomie decyzyjnym, co będzie skutkowało wydłużeniem całego procesu. Delikatną sprawą może być rozwiązanie, które stawia w niekorzystnym świetle przełożonych „właściciela” problemu, np. wiążące się ze zmianami organizacyjnymi czy zmianami w strukturach zarządzania. W tej sytuacji „właściciel” problemu może zdecydować o zastosowaniu mniej skutecznych środków naprawczych, które jednak mieszczą się w granicach jego kompetencji. Istotnym czynnikiem brany pod uwagę będzie niewątpliwie ryzyko związane z danym problemem.

Wszyscy uczestnicy procesu (interesariusze) powinni dobrze rozumieć, jakie cele i kryteria są brane pod uwagę przy wyborze rozwiązań problemu. W tym kontekście Gano [1] zwraca uwagę na następujące aspekty:

- rozwiązanie nie powinno spowodować niepożądanych problemów ani stać się źródłem nowych zagrożeń,
- rozwiązanie powinno zabezpieczać przed pojawieniem się podobnych problemów (zdarzeń) w innych obszarach organizacji (wydziałach, procesach, grupach personelu),
- korzyści uzyskane dzięki zastosowaniu określonego rozwiązania powinny być współmierne do poniesionych nakładów.

Trzeba liczyć się z tym, że osoby decydujące o wyborze rozwiązania mogą preferować cele, które nie muszą być zgodne z ogólnymi celami organizacji. Na przykład personel operacyjny lub związany z obsługą sprzętu może koncentrować się na poprawieniu procesu produkcyjnego, zaniedbując sprawy bezpieczeństwa – w efekcie rozwiązanie dotyczące problemu produkcyjnego może spowodować nowe zagrożenie dla bezpieczeństwa. W literaturze podkreśla się zgodnie, że znalezione rozwiązania powinny być starannie sprawdzone, aby wykluczyć pojawienie się ewentualnych nowych zagrożeń związanych z zastosowaniem określonego rozwiązania [1]–[3]. Ewentualne sprzeczności tego typu powinny być rozważone przez osobę odpowiedzialną za ostateczne zatwierdzenie proponowanych środków naprawczych. W większych firmach istotną rolę w tym zakresie spełnia zwykle wyspecjalizowana jednostka organizacyjna (komórka, sekcja) odpowiedzialna w firmie za wykorzystanie doświadczeń operacyjnych. Gdy proponowane rozwiązanie powoduje nowe zagrożenie, trudne do zaakceptowania, należy znaleźć rozwiązanie alternatywne, niepowodujące negatywnych skutków [3].

Kryteria pozwalające ocenić prawidłowość wybranych środków naprawczych znaleźć można w [2]. Zdaniem autorów proponowany środek naprawczy powinien mieć następujące cechy:

- środek naprawczy powinien być dobrze określony (osoba odpowiedzialna, przedmiot wdrożenia, termin realizacji itp.),
- efekty realizacji środka naprawczego powinny być demonstrowalne, a skuteczność w zapobieganiu powtórzeniu się podobnych zdarzeń mierzalna,
- odpowiedzialność za wdrożenie oraz warunki wdrożenia powinny być jasno sprecyzowane,
- środek naprawczy powinien być sensowny z punktu widzenia zwrotu nakładów i ewentualnych trudności realizacyjnych,
- środek naprawczy powinien być zrealizowany w odpowiednim czasie, współmiernie z istniejącym zagrożeniem związanym z powtórzeniem się zdarzenia (z uwzględnieniem prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia i jego potencjalnych skutków, a także podjętych środków doraźnych),
- środek naprawczy powinien skutecznie zapobiegać powtórzeniu się podobnych zdarzeń lub wpływać na znaczne zmniejszenie negatywnych skutków zdarzenia,
- środek naprawczy powinien podlegać niezależnej weryfikacji z punktu widzenia niezamierzonych negatywnych efektów procesowych lub ludzkich.

W odniesieniu do opisanego wyżej zbioru cech, jakimi powinien odznaczać się prawidłowo wybrany i dobrze zdefiniowany środek naprawczy, autorzy [2] używają określenia SMARTER¹.

6.3.2. Ocena skuteczności

Skuteczne rozwiązanie powinno pozwolić na całkowite wyeliminowanie ryzyka związanego z rozpatrywanym problemem (zdarzeniem). Niestety rozwiązania możliwe w praktyce prawie nigdy nie są skuteczne w 100%. Pozwalają one jedynie zmniejszyć prawdopodobieństwo niepożądanych skutków lub ograniczyć rozmiary potencjalnych strat.

Ocena skuteczności znalezionych rozwiązań w kategoriach ryzyka nie jest prosta, ponieważ ustalenie odpowiednich kryteriów oceny jest w wielu przypadkach trudne. Istotną przeszkodą jest również brak odpowiednich modeli opisujących proces (system) w kategoriach ryzyka. Opracowanie modelu probabilistycznego danego procesu (systemu), który umożliwiłby przeprowadzenie takich ocen, wymaga znacznego wysiłku. W niektórych sektorach przemysłowych, w których potencjalne straty mogą być znaczne, takich jak energetyka jądrowa, modele takie istnieją i są systematycznie wykorzystywane na wielu różnych etapach życia obiektu, zarówno przez operatorów, jak i organy dozoru. Mowa tu o modelach probabilistycznych (ang. *Probabilistic Safety Assessment*, PSA), które pozwalają systematycznie spojrzeć na współdziałanie poszczególnych elementów złożonego systemu i ich wpływ na bezpieczeństwo. Model

¹ Skrót SMARTER powstał z pierwszych liter określonych cech, jakimi powinno się odznaczać dobre rozwiązanie: S – *specific*, M – *measurable*, A – *accountable*, R – *reasonable*, T – *timely*, E – *effective*, R – *reviewed*.

PSA pozwala na kwantyfikację ryzyka i identyfikację tych elementów systemu, które mają największy wpływ na bezpieczeństwo. Modele tego typu są często stosowane do badania zdarzeń-prekursorów – pozwalają ocenić wzrost poziomu ryzyka w związku z określonym zdarzeniem lub specyficznymi, „nienormalnymi” warunkami eksploatacji systemu. Teoretycznie modele takie mogą także posłużyć do oceny skuteczności proponowanych rozwiązań (zmian systemu) w kategoriach ryzyka. W praktyce jednak zastosowanie modelu PSA do oceny skuteczności poszczególnych środków naprawczych jest utrudnione. Głównym problemem jest zwykle niedostateczna szczegółowość modelu, która komplikuje bezpośrednie odwzorowanie planowanych zmian systemu przez jego istniejące elementy. Zwykle zastosowanie PSA do przeprowadzenia takiej oceny wymaga pewnych modyfikacji istniejącego modelu. Przeprowadzenie ich przez personel operacyjny średniego szczebla, który w wielu przypadkach jest odpowiedzialny za rozwiązywanie problemów operacyjnych, jest praktycznie niemożliwe. Z tego względu analizy takie znajdują zastosowanie jedynie w szczególnych przypadkach, związanych z poważniejszymi problemami (awariami, wypadkami).

Należy zauważyć, że porównanie skuteczności różnych rozwiązań w kategoriach ryzyka nie musi opierać się na kompleksowym modelu typu PSA. Pewne wnioski można sformułować na podstawie analizy związków przyczynowo-skutkowych opisanych przez mapę przyczyn i inżynierskiego oszacowania odpowiednich prawdopodobieństw. Dla poglądowego zilustrowania sposobu takiej oceny można wykorzystać przykład dotyczący katastrofy samolotu AF447, do którego odwoływaliśmy się wcześniej (rys. 6.1). Na rys. 6.4 przedstawiono fragment mapy przyczyn opisujący związki przyczynowo-skutkowe związane z niepożądanym skutkiem (S): „Załoga nieświadoma stanu przeciągnięcia”, który miał istotny wpływ na przebieg tragicznych wydarzeń. Rozważane są dwa potencjalne rozwiązania, które powinny zmniejszyć prawdopodobieństwo powyższego skutku:

- zastosowanie rurek Pitota, które są mniej podatne na oblodzenie,
- zainstalowanie na konsoli pilotów wskaźnika podającego informację o aktualnym kącie natarcia płatów samolotu.

Pierwsze rozwiązanie pozwala zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia nieprzychylnych okoliczności spowodowanych zablokowaniem rurek Pitota przez kryształki lodu (skutkującego utratą automatycznego systemu zarządzania lotem, licznymi alarmami, dezorientacją załogi itp.), które przyczyniły się do błędnej diagnozy stanu samolotu. Rozwiązanie drugie ma w zaistniałej sytuacji kryzysowej ułatwić prawidłową diagnozę stanu przeciągnięcia przez załogę samolotu.

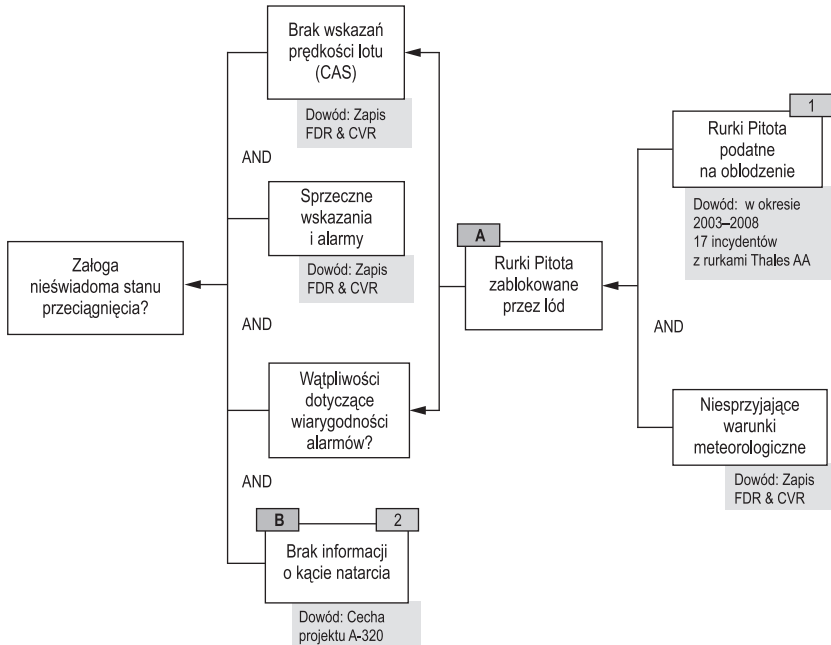
Prawdopodobieństwo, że załoga samolotu w zaistniałych okolicznościach nie była świadoma stanu przeciągnięcia (skutek S), może być określone formułą:

$$P_0(S) = P_0(A) \cdot P(S/A) \cdot P(S/B), \quad (6-1)$$

gdzie:

$P_0(A)$ – prawdopodobieństwo zablokowania rurek Pitota przez lód (zdarzenie A),
(indeks 0 oznacza, że dotyczy to istniejącego modelu Thales AA),

- $P(S/A)$ – prawdopodobieństwo nieprawidłowej diagnozy (skutek S) przy założeniu zablokowania rurek Pitota przez lód (zdarzenie A) i bez uwzględnienia informacji o aktualnym kącie natarcia,
- $P(S/B)$ – prawdopodobieństwo nieprawidłowej diagnozy (skutek S) z uwzględnieniem informacji o aktualnym kącie natarcia (brak wskaźnika informującego o aktualnym kącie natarcia B przesądza o nieprawidłowej diagnozie, tj. $P(S/B) = 1$).



Rys. 6.4. Fragment mapy przyczyn dla katastrofy samolotu AF447 dotyczący przyczyn błędnej diagnozy stanu przeciągnięcia oraz związanych z tym możliwych rozwiązań

W przypadku wymiany rurek na bardziej niezawodne (rozwiązanie 1) prawdopodobieństwo, że załoga nie zdiagnozuje prawidłowo stanu przeciągnięcia jest określone formułą:

$$P_1(S) = P_1(A) \cdot P(S/A) \cdot P(S/B) \quad (6-2)$$

W przypadku zainstalowania wskaźnika informującego o aktualnym kącie natarcia (rozwiązanie 2) i pozostawieniu istniejących rurek (model Thales AA) prawdopodobieństwo nieprawidłowej diagnozy (skutek S) jest określone formułą:

$$P_2(S) = P_0(A) \cdot P(S/A) \cdot P_2(S/B^*), \quad (6-3)$$

gdzie:

$P_2(S/B^*)$ – prawdopodobieństwo, że dysponując informacją o aktualnym kącie natarcia (B^* – odpowiedni wskaźnik jest dostępny), załoga nie zdiagnozuje prawidłowo stanu przeciągnięcia.

Zastosowanie bardziej niezawodnych rurek Pitota (rozwiązanie 1) spowoduje zmniejszenie ryzyka nieprawidłowej diagnozy w stosunku:

$$P_1(S)/P_0(S) = P_1(A)/P_0(A) \quad (6-4)$$

Zastosowanie wskaźnika informującego o aktualnym kącie natarcia (rozwiązanie 2) spowoduje względne zmniejszenie ryzyka nieprawidłowej diagnozy w stosunku:

$$P_2(S)/P_0(S) = P_2(S/B^*) \quad (6-5)$$

Formuły (6-4) i (6-5) pozwalają na porównanie względnej skuteczności obu rozwiązań w kategoriach ryzyka. Kwantyfikacja wymienionych prawdopodobieństw wymaga informacji dotyczących wskaźników niezawodnościowych rurek Pitota dla alternatywnych modeli. Informacje takie powinny być dostępne na podstawie istniejących statystyk. Prawdopodobieństwo $P_2(S/B^*)$ można określić na podstawie ogólnych zasad analizy czynności ludzkich (ang. *Human Reliability Analysis*). Nie dysponując szczegółowymi danymi, można oprzeć się na zgrubnych szacunkach.

Z dość dużą pewnością można twierdzić, że korzyści uzyskane przez zmianę modelu rurek (rozwiązanie 1) nie będą znaczne – szacuje się, że zmniejszenie ryzyka z tego tytułu, określone przez stosunek $P_1(A)/P_0(A)$, nie przekroczy 10^{-1} . Prawdopodobieństwo niewłaściwej diagnozy $P_2(S/B^*)$, która dotyczy stosunkowo prostej konkluzji pilota dysponującego informacją o aktualnym kącie natarcia, nie powinno przekroczyć wartości $10^2 - 10^{-3}$. Wynika stąd jasno, że w kategoriach ryzyka rozwiązanie 2 jest dużo skuteczniejsze niż rozwiązanie 1.

Pewne wnioski dotyczące skuteczności alternatywnych rozwiązań (środków naprawczych) można formułować na podstawie kryteriów jakościowych. W literaturze można znaleźć kryteria, które pozwalają uszeregować listę potencjalnych rozwiązań od najkorzystniejszych do najmniej korzystnych [3]:

1. Środki naprawcze eliminujące określone zagrożenie.
2. Środki naprawcze redukujące poziom zagrożenia.
3. Urządzenia/systemy bezpieczeństwa pozwalające przeciwdziałać podobnym incydentom lub minimalizować ich skutki.
4. Środki naprawcze ostrzegające pracowników o istnieniu określonego zagrożenia (np. alarmy lub znaki ostrzegawcze).
5. Zmiany w istniejących procedurach dla uwzględnienia określonego zagrożenia.
6. Środki zmierzające do poprawienia świadomości pracowników o zagrożeniu.

6.3.3. Ocena warunków realizacji rozwiązania

Kryteria oceny

Wybieranie rozwiązań mających na celu wyłącznie zmniejszenie ryzyka (potencjalnych strat) nie jest właściwe. Przy ocenie proponowanych rozwiązań należy brać pod uwagę

również inne czynniki, które mogą mieć decydujący wpływ na wybór określonego rozwiązania. W literaturze [3], [4] wymienia się w tym kontekście następujące czynniki:

1. Koszty inwestycyjne i operacyjne.
2. Poprawa wskaźników ekonomicznych (zysku) w wyniku realizacji rozwiązania.
3. Potencjalne możliwości poprawy procesu uzyskane dzięki realizacji rozwiązania.
4. Łatwość praktycznej realizacji.
5. Akceptacja rozwiązania przez pracowników.
6. Akceptacja rozwiązania przez kierownictwo.

Ocena dotycząca łatwości realizacji powinna uwzględnić ewentualne negatywne cechy rozwiązania, zarówno po wdrożeniu, jak i w trakcie realizacji zmian [4]. Wśród negatywnych cech systemu po wdrożeniu określonego rozwiązania wymienia się ewentualne utrudnienia związane z eksploatacją, obsługą lub remontem, pogorszenie wydajności i/lub niezawodności systemu, a także zwiększone wymagania dotyczące niezbędnych środków materiałowych lub ludzkich. Aspekty związane z procesem wdrożenia obejmują czas niezbędny do jego realizacji, złożoność wprowadzanych zmian, ich nowatorski charakter czy stopień ingerencji związanej ze zmianami, a także dodatkowe koszty związane z realizacją (np. zaburzenie normalnego procesu na czas prowadzenia prac wdrożeniowych). Rozważania tego typu odnoszą się w większym stopniu do problemów związanych ze znacznym ryzykiem (stratą), lecz mogą również okazać się istotne w przypadku zdarzeń o charakterze prekursorów. Brak akceptacji określonego rozwiązania przez kierownictwo i/lub pracowników może mieć pośredni wpływ na skuteczność programu ciągłego doskonalenia. Zastosowanie rozwiązań, które spotykają się z negatywną opinią kierownictwa lub pracowników, może wpłynąć negatywnie na dalsze uczestnictwo w programie wykorzystania prekursorów.

Porównanie alternatywnych rozwiązań wymaga sprecyzowania bardziej szczegółowych kryteriów, pozwalających ocenić, na ile określone rozwiązanie spełnia oczekiwania decydentów z punktu widzenia każdego z wymienionych wyżej czynników. Z reguły żadne rozwiązanie nie jest doskonałe we wszystkich istotnych aspektach. Niektóre kryteria mogą być ze sobą sprzeczne, dlatego obiektywne porównywanie alternatyw wymaga odpowiednich narzędzi analitycznych. Należy stwierdzić, że w odniesieniu do znakomitej większości problemów operacyjnych decyzje intuicyjne mogą być w pełni akceptowalne. Z reguły w tych przypadkach istotne znaczenie mają tylko niektóre aspekty oceny, a decyzje są podejmowane przez jednego lub dwóch decydentów. Podejście takie może być jednak niewystarczające, jeżeli mamy do czynienia z bardziej złożonymi problemami, w których decyzje muszą uwzględnić wiele aspektów, są podejmowane z udziałem kilku decydentów i są przedmiotem oceny lub akceptacji przez instytucje zewnętrzne. Decyzje takie wymagają podejścia metodycznego, zapewniającego obiektywizm, przejrzystość i powtarzalność. Przykładem takiego podejścia jest metodyka opisana w wytycznych opracowanych przez Departament Energii Stanów Zjednoczonych (U.S. DOE) [5].

W wytycznych U.S. DOE wprowadza się trzy podstawowe pojęcia związane z oceną:

- wymagania (ang. *requirements*),
- cele (ang. *goals*),
- kryteria (ang. *criteria*).

Cele stanowią zwięzłe sformułowanie intencji decydentów dotyczących rozpatrywanego systemu (procesu). Określają one pożądany stan systemu po wprowadzeniu zmian. Powinny być zdefiniowane przed wytypowaniem możliwych rozwiązań problemu.

W podejściu tym wymagania muszą być spełnione przez każde z rozwiązań, cele są przedmiotem optymalizacji, a kryteria – obiektywnym miernikiem poziomu osiągnięcia określonego celu. Alternatywy, które nie spełniają wymagań, są eliminowane. W pewnych przypadkach wymagania te są rewidowane lub traktowane jako dodatkowy cel. Każde kryterium powinno być miarą pewnej cechy, ważnej dla decydenta, i nie powinno zależeć od innych kryteriów. Prawdłowo określone kryteria powinny być:

- wyróżniające – umożliwiające odróżnienie poszczególnych alternatyw,
- kompletne – odnoszące się do wszystkich rozpatrywanych celów,
- interpretowalne – określające implikacje związane z określoną alternatywą,
- niezbędne – niezastępowalne przez inne kryterium,
- ograniczone pod względem liczby – zapewniające rozsądny wymiar problemu decyzyjnego.

Użycie ograniczonej liczby kryteriów charakteryzujących określony cel ułatwia zrozumienie rezultatów analizy. Jednak każdy z rozpatrywanych celów powinien być reprezentowany przynajmniej przez jedno kryterium.

W tab. 6.2 przedstawiono przykładowe cele i odpowiadające im możliwe kryteria oceny dla praktycznego problemu analizowanego przez U.S. DOE. Rozpatrywany problem był związany z oceną alternatywnych rozwiązań systemu gospodarki materiałami jądrowymi.

Gdy rozwiązania są związane z modyfikacją istniejącego systemu, cele i kryteria mogą być takie same, jak przyjęte w fazie projektowania oryginalnego systemu. Możliwe jest jednak, że oryginalne wymagania, cele i kryteria nie są zgodne z aktualną strategią organizacji lub warunkami zewnętrznymi. W takich przypadkach mogą być one zrewidowane. W wytycznych U.S. DOE [5] wymienia się kilka metod ułatwiających zdefiniowanie celów i kryteriów. Niezależnie od podejścia ich określenie powinno być dokonywane przez kilkuosobowy zespół, którego członkowie dysponują odpowiednią wiedzą i doświadczeniem. Najbardziej znana jest metoda burzy mózgów (ang. *brainstorming*), w której członkowie zespołu mogą swobodnie formułować swoje opinie. Istotą tego procesu jest kreatywność i odmienność punktów widzenia poszczególnych członków zespołu. Zgłaszane pomysły są oceniane dopiero po zebraniu i udokumentowaniu wszystkich opinii. Gdy zespół składa się z osób o różnych kompetencjach decyzyjnych, stosowana jest metoda wzorowana na praktyce wojskowej – opinie są zgłaszane w kolejności zależnej od rangi decydenta, od najmłodszego do najstarszego rangą, co ma zapewnić większą niezależność (ang. *round robin*). Niekiedy stosowana jest metoda odwrócona (ang. *reverse direction method*). W podejściu tym członkowie zespołu analizują możliwe alternatywy, identyfikują

Tab. 6.2. Przykładowe cele i odpowiadające im możliwe kryteria dla problemu związanego z oceną alternatywnych rozwiązań systemu gospodarki materiałami jądrowymi (wg [5])

Cel	Potencjalne kryteria
Minimalizacja kosztów	Całkowity koszt inwestycji lub projektu Całkowite koszty w okresie życia obiektu Aktualna wartość obiektu netto Koszty krótkoterminowe Koszty likwidacji obiektu Koszty eksploatacji i obsługi Koszty związane z przystosowaniem infrastruktury
Minimalizacja wpływu na środowisko, bezpieczeństwo pracowników, bezpieczeństwo publiczne	Niebezpieczne uwolnienia Uwolnienia radiologiczne Wpływ na skuteczne przechowywanie odpadów Powstawanie odpadów (ilość i rodzaj) Ryzyko radiologiczne pracowników Narażenie pracowników na niebezpieczeństwo Wymagania dotyczące aktywnych systemów bezpieczeństwa (środki inżynieryjne/administracyjne) Ryzyko związane z transportem materiałów/opadów Zagrożenie publiczne (radiologiczne, inne niebezpieczeństwa)
Maksymalizacja środków zabezpieczeń inżynieryjnych i fizycznych z punktu widzenia atrakcyjności materiałów jądrowych dla produkcji broni jądrowej	Atrakcyjność materiałów z punktu widzenia sabotażu Poziom kontroli fizycznej (broń, bariery fizyczne, strażnicy)
Minimalizacja ryzyka technicznego	Technologiczna dojrzałość rozwiązania Techniczna dojrzałość urządzeń Techniczna możliwość realizacji Trudności uzyskania akceptacji na utylizację (łatwość certyfikacji) Minimalizacja ryzyka wynikającego z powiązań z innymi programami Potrzeba włączenia innych interesariuszy Interfejsy z obiektami w wielu innych lokalizacjach Łatwość finansowania (koszty stałe a koszty zmienne) Porozumienia z jednostkami zewnętrznymi Wymagania dotyczące zgodności z polityką środowiskową NEPA ² Zmiany regulacji
Maksymalne spełnienie wymagań i zgodność z priorytetami kierownictwa	Zgodność z kierunkami i priorytetami kierownictwa Zgodność z innymi priorytetami DOE
Maksymalizacja korzyści eksploatacyjnych	Prostota eksploatacji Wymagania dotyczące kwalifikacji personelu operacyjnego

² NEPA – *National Environmental Policy Act*, ustawa określająca politykę środowiskową obowiązującą w Stanach Zjednoczonych od 1 stycznia 1970 r.

Tab. 6.2. cd.

Cel	Potencjalne kryteria
Maksymalizacja korzyści eksploatacyjnych	Interfejsy z innymi systemami, strukturami i obiektami Łatwość obsługi, w tym średni czas do remontu
Maksymalizacja korzyści eksploatacyjnych	Współzależności/niezawodność (średni czas do uszkodzenia) Aspekty związane z transportem (opakowanie i system transportu) Łatwość zwiększenia wydajności (bez dodatkowych kosztów inwestycyjnych) Dostępność urządzeń/wyposażenia
Przyspieszenie terminu realizacji	Ryzyko związane z niedotrzymaniem terminu wdrożenia Termin zakończenia prac wdrożeniowych Harmonogram zamknięcia obiektu dla realizacji prac wdrożeniowych Czas niezbędny do rozwiązania problemu Wymagania związane z istniejącą strategią firmy

istotne różnice między nimi, a następnie określają odpowiednie kryteria oceny odzwierciedlające te różnice. W procesie definiowania celów i kryteriów decydujący głos będą mieli decydenci odpowiedzialni za ostateczny wybór rozwiązania. Cele i kryteria powinny być zaakceptowane przez tych decydentów przed dokonaniem oceny możliwych alternatyw [5].

Metody oceny alternatyw

Alternatywne rozwiązania wytypowane w poprzednich krokach mogą być ocenione przy użyciu metod ilościowych, jakościowych lub ich kombinacji. Metody tego typu są znane pod nazwą wielokryterialnych analiz decyzyjnych (WAD). Pozwalają powziąć wyważoną, racjonalną decyzję, gdy wybór między alternatywami nie jest jasny, oraz – przez zastosowanie odpowiednich współczynników wagi – zróżnicować poszczególne kryteria pod względem ważności. Możliwe jest również przeprowadzenie analiz czułości, a także uwzględnienie niepewności.

Techniki stosowane w analizach decyzyjnych mają formę racjonalnych, systematycznych procedur, które umożliwiają krytyczne ustosunkowanie się do informacji, danych i doświadczeń związanych z rozważanym problemem. W wytycznych U.S. DOE [5] wymienia się kilka metod, które mogą być stosowane do oceny alternatywnych rozwiązań, a których rezultaty będą podstawą do wybrania rozwiązania najkorzystniejszego:

- analiza „za” i „przeciw” (ang. *pros and cons*),
- analiza K-T (od nazwiska autorów: Kepnera i Tregoe),
- analityczny proces hierarchiczny (AHP, ang. *Analytic Hierarchy Process*),

- analiza wykorzystująca wieloatrybutową teorię użyteczności MAUT (ang. *Multi-Attribute Utility Theory*),
- analiza kosztów i uzyskiwanych korzyści (CBA, ang. *Cost Benefit Analysis*).

Obszerne omówienie tych metod wykracza poza zakres tej książki. Ich wyczerpujące przedstawienie, a także przykłady praktyczne ilustrujące zasady ich stosowania przy wyborze najkorzystniejszego rozwiązania, znajdzie czytelnik w wytycznych U.S. DOE [5]. W tej książce ograniczono się jedynie do scharakteryzowania zasadniczych cech tych metod. Należy zaznaczyć, że metody typu WAD znalazły szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach działalności biznesowej do badania złożonych zjawisk społeczno-gospodarczych, przy rozwiązywaniu zadań związanych nie tylko z problematyką wyboru, lecz także grupowaniem, porządkowaniem określonych wariantów decyzyjnych, analizą i oceną *ex post* wyników postępowania decyzyjnego. W ostatnich kilkunastu latach metody te były intensywnie rozwijane przy znaczącym udziale technologii informacyjnych. Wiele publikacji na ten temat jest dostępnych również w języku polskim [6], [7].

Analiza „za” i „przeciw” jest metodą wykorzystującą porównanie jakościowe [5]. W podejściu tym na podstawie opinii ekspertów zostają zidentyfikowane cechy korzystne (argumenty „za”) i niekorzystne (argumenty „przeciw”) każdego z rozpatrywanych alternatywnych rozwiązań. Porównanie poszczególnych alternatyw jest dokonywane na podstawie analizy list wszystkich „za” i „przeciw” zestawionych dla każdej z rozpatrywanych alternatyw. Preferowanym rozwiązaniem jest alternatywa z najsilniejszymi „za” i najsłabszymi „przeciw”. Uzasadnienie podjętej decyzji powinno zawierać wyjaśnienie, dlaczego argumenty „za” są bardziej istotne, a argumenty „przeciw” mniej istotne dla wybranej alternatywy w porównaniu z odpowiednimi argumentami odnoszącymi się do pozostałych możliwości. Analiza tego typu jest przydatna w przypadkach stosunkowo prostych decyzji, z niewielką liczbą alternatyw i kryteriów, które nie różnią się od siebie z punktu widzenia ich ważności. Podejście to nie wymaga umiejętności matematycznych i jest proste w użyciu.

Metoda K-T wykorzystuje porównanie ilościowe, w którym zespół ekspertów na podstawie indywidualnych opinii dokonuje oceny ważności każdego z rozważanych kryteriów oraz wartości (użyteczności) każdej z analizowanych alternatyw, przydzielając odpowiednią liczbę punktów (w skali 1–10) [8]. Kryteria najważniejsze uzyskują 10 punktów, pozostałe od 10 (równie ważne) do 1 (niezbyt ważne). Przydzielone punkty spełniają rolę współczynników wagi tych kryteriów. W podobny sposób ocenia się alternatywne rozwiązania, rozpatrując ich wartość (użyteczność) względem każdego z rozpatrywanych kryteriów. Przydzielana liczba punktów odzwierciedla względną wartość alternatywnego rozwiązania – od 10 punktów (najkorzystniejsze) do 1 (najmniej korzystne). Całkowita ocena punktowa danej alternatywy jest sumą względnych udziałów punktowych odpowiadających wszystkim rozpatrywanym kryteriom (z uwzględnieniem ważności poszczególnych kryteriów). Względny udział związany z określonym kryterium jest obliczany przez wymnożenie oceny punktowej danej alternatywy względem tego kryterium przez współczynnik wagi tego kryterium. Preferowanym rozwiązaniem jest alternatywa, która uzyska najwyższy wynik punktowy.

Metoda AHP jest szczegółową procedurą rozwiązania problemu wielokryterialnego, opartą na teorii użyteczności [9]. AHP ma szerokie zastosowanie w rozwiązywaniu problemów decyzyjnych, szczególnie w sytuacjach, w których kryteria mają charakter jakościowy, a oceny są subiektywne i wynikają z wiedzy i doświadczenia analityka. AHP ma na celu przyporządkowanie każdemu wariantowi decyzyjnemu znormalizowanej oceny końcowej (w formie wektora skali), która może być interpretowana jako użyteczność wariantu. Podejście AHP umożliwia reprezentację elementów problemu w sposób hierarchiczny. Wyjściowy problem racjonalnej oceny zostaje w niej podzielony na szereg elementarnych części składowych. Proces oceny użyteczności alternatyw składa się z całego szeregu elementarnych ocen polegających na wielokrotnym porównaniu parami elementów tej hierarchii (kryteriów, a następnie wariantów decyzyjnych). W ocenach tych (udokumentowanych i możliwych do zweryfikowania) określa się przewagę jednego elementu nad drugim. Są one następnie wyrażone w formie ilościowej (oceny względnej skali).

AHP zawiera procedury i reguły umożliwiające agregację kolejnych cząstkowych ocen w celu określenia ważności kryteriów, a następnie rankingu alternatywnych rozwiązań. Alternatywne rozwiązania i kryteria są oceniane przy użyciu dziewięciostopniowej skali Saaty'ego [9]:

1. Ta sama ważność/brak preferencji.
3. Umiarkowana ważność/preferencja jednego rozwiązania nad drugim.
5. Znaczna ważność/silna preferencja.
7. Bardzo silna lub demonstrowalna ważność/preferencja.
9. Najwyższa ważność/preferencja.

Rezultatem cząstkowych ocen alternatyw decyzyjnych względem kolejnych kryteriów oraz kryteriów względem siebie są macierze porównań. Jeżeli kryterium K_m jest znacznie ważniejsze niż kryterium K_p (odpowiadająca ocena wynosi 5), wtedy kryterium K_p ma wartość $1/5$ w porównaniu z kryterium K_m . Porównując te same obiekty w odwrotnej kolejności, przyporządkowuje się temu porównaniu ocenę będącą odwrotnością poprzedniego porównania, tzn. jeśli element a_{mp} jest scharakteryzowany przez wartość a , wtedy elementowi a_{pm} odpowiada wartość $1/a$. Wektor preferencji (tj. znormalizowaną wagę danego kryterium) oblicza się dla każdego kryterium, dzieląc średnią geometryczną każdego z wierszy macierzy porównań kryteriów przez sumę średnich geometrycznych wszystkich kryteriów. W wytycznych U.S. DOE [5] zaleca się stosowanie średniej geometrycznej, gdyż ten sposób uśredniania jest mniej wrażliwy na ekstremalne wartości w uśrednianym zbiorze, niż w przypadku zastosowania średniej arytmetycznej. Proces porównywania parami jest powtarzany dla wszystkich alternatyw decyzyjnych, co pozwala ocenić ich względną wartość z punktu widzenia każdego z kryteriów. Oceny te (zapisane w formie macierzy porównań) są następnie agregowane w celu wyznaczenia końcowego wektora skali opisującego ranking alternatywnych rozwiązań, analogicznie jak w przypadku wektora preferencji dotyczącego kryteriów.

Metoda AHP może być stosowana do ocen przeprowadzanych przez zespół ekspertów (ocen grupowych). Zależnie od sytuacji decyzyjnej możliwe są trzy podejścia:

- uzyskanie przez decydentów konsensusu przy każdym porównaniu,
- agregowanie opinii ekspertów już na poziomie ocen cząstkowych względem poszczególnych kryteriów [11],
- agregowanie globalnych wektorów preferencji uzyskanych przez każdego z ekspertów oddzielnie [12].

Przy agregacji preferencji różnych ekspertów zaleca się korzystanie ze średniej geometrycznej [13].

AHP jest wygodną metodą wspomagania decyzji w przypadku rozpatrywania kryteriów ilościowych i jakościowych. W podejściu tym oba typy kryteriów są rozpatrywane w tym samym kontekście decyzyjnym – względnej oceny alternatyw zamiast oceny wartości bezwzględnych. Podejście to stymuluje i ułatwia dyskusję dotyczącą ważności poszczególnych kryteriów i użyteczności określonych wariantów z punktu widzenia tych kryteriów. Niewątpliwą siłą tej metody jest wprowadzenie analitycznej hierarchii oraz modelu strukturalnego naśladującego sposób, w jaki ludzie zachowują się przy rozpatrywaniu złożonych sytuacji – przedkładając względną ocenę nad bezwzględną.

Metoda MAUT, porównawcza typu ilościowego, nadaje się do porównywania odmiennych miar, takich jak koszty, ryzyko, korzyści, razem z indywidualnymi preferencjami interesariuszy, dla przedstawienia ich w formie preferencji o wysokim poziomie agregacji. Podstawą metody jest użycie funkcji użyteczności [5]. Funkcje użyteczności sprowadzają różnorodne kryteria do jednej wspólnej skali (0 do 1), określanej jako wieloatrybutowa miara użyteczności. Każdemu kryterium, które jest brane pod uwagę przy ocenie wariantów, przyporządkowana zostaje odrębna funkcja użyteczności. Mając zdefiniowane odpowiednie funkcje użyteczności, pierwotne charakterystyki poszczególnych wariantów decyzyjnych (dane obiektywne) lub przekonania analityka/interesariusza (dane subiektywne) mogą być podstawą do dokonania ocen skali użyteczności względem każdego z rozpatrywanych kryteriów i dla każdej z alternatyw. Podobnie jak w innych metodach typu WAD, kryteriom przypisywane są odpowiednie wagi określające ich ważność. Znormalizowana ocena wariantu względem każdego z rozważanych kryteriów uwzględnia współczynnik wagi tego kryterium. Z reguły funkcje użyteczności (i metoda MAUT) znajdują zastosowanie wtedy, gdy dla każdej z rozważanych alternatyw dostępne są ilościowe informacje mogące posłużyć do określenia, w sposób pewny, istotnych atrybutów decydujących o wartości danej alternatywy.

Przebiegi funkcji użyteczności są tworzone na podstawie danych dotyczących wszystkich rozpatrywanych kryteriów. Taka funkcja zostaje opracowana dla każdego kryterium decyzyjnego. Funkcje te pozwalają przedstawić pierwotną cechę danego wariantu (wyrażoną w odpowiednich jednostkach – metrach, kilogramach, złotych itp.) w bezwymiarowej skali użyteczności między 0 i 1. Otrzymane w ten sposób oceny są ważone przez pomnożenie przez odpowiedni współczynnik wagi danego kryterium, który odzwierciedla wartości interesariuszy biorących udział w procesie decyzyjnym,

i sumowane po wszystkich kryteriach. Otrzymana w ten sposób ocena wypadkowa jest miarą preferencji danej alternatywy.

Oceny przeprowadzane metodą MAUT nadają się dobrze do analizy złożonych problemów decyzyjnych z dużą liczbą kryteriów decyzyjnych, w których mamy do czynienia z wieloma alternatywami. Dodatkowo alternatywy mogą być łatwo dodane w trakcie analizy, pod warunkiem że decydenci dysponują odpowiednimi informacjami umożliwiającymi ocenę ich wartości na podstawie wykresu funkcji użyteczności. Gdy takie funkcje zostaną już opracowane, mogą być użyte do oceny dowolnej liczby wariantów decyzyjnych.

Analiza kosztów i korzyści jest systematyczną metodą ilościową stosowaną przy ocenie projektów lub strategii, gdy zachodzi potrzeba uwzględnienia skutków długoterminowych i szerszego spojrzenia na skutki uboczne [4], [5]. CBA jest dobrym podejściem, gdy podstawą podjęcia decyzji są koszty oraz korzyści związane z daną alternatywą wyrażone w jednostkach pieniężnych. W Stanach Zjednoczonych zasady tych analiz dla oceny projektów rządowych są zdefiniowane w oficjalnym biuletynie administracji państwowej³. Standardowym kryterium oceny, czy rozważany projekt jest ekonomicznie uzasadniony, jest „obecna wartość netto” – zdyskontowana⁴ wartość netto spodziewanych korzyści wyrażonych w jednostkach pieniężnych (tj. korzyści minus koszty). Jest ona obliczana przez przypisanie wartości pieniężnej do korzyści i kosztów, dyskontowanie przyszłych korzyści i kosztów na podstawie odpowiedniej stopy dyskonta i odjęcie całkowitych zdyskontowanych kosztów od całkowitych zdyskontowanych korzyści. Dyskontowanie korzyści i kosztów pozwala przekształcić zyski i straty występujące w różnych okresach do wspólnych jednostek miary. Projekty (alternatywy) z dodatnią wartością netto powodują wzrost publicznej wartości i są z reguły preferowane. Projekty z ujemną wartością netto są generalnie niewskazane.

W obliczeniach należy brać pod uwagę zarówno wartości materialne, jak i niematerialne (np. koszty, których udaje się uniknąć). Sposób i zakres istotnych kosztów uwzględnianych w tym rachunku jest szerszy niż wynika to z zasad naliczania kosztów prywatnego sektora gospodarki czy wydatków pieniężnych sektora państwowego.

6.4. Wybór najwłaściwszego rozwiązania

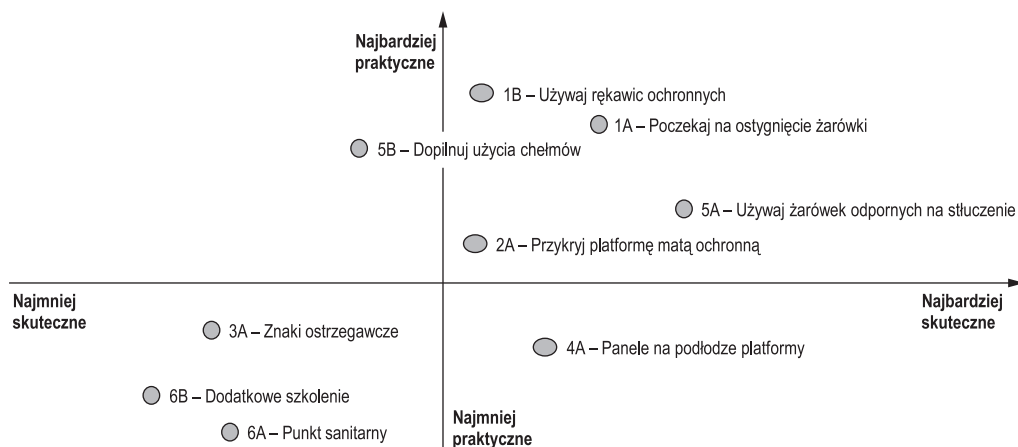
W tym kroku wybrane zostają najkorzystniejsze z wytypowanych możliwych rozwiązań. Wygodnym narzędziem ułatwiającym wybór jest tzw. wykres preferencyjny (ang. *preference diagram*), który pozwala uporządkować możliwe warianty w zależności

³ U.S. Office of Management and Budget, OMB Circular No. A-94, *Guidelines and Discount Rates for Benefit-Cost Analysis of Federal Programs*.

⁴ Dyskontowanie to proces obliczania obecnej wartości pieniędzy, które możemy zarobić (lub stracić) w przyszłości. Jeżeli znamy przyszłą wartość korzyści/straty VF , to obecną wartość VP możemy obliczyć z wzoru $VP = VF/(1+r)t$, gdzie: r – stopa dyskonta, t – okres dyskontowania.

od ich skuteczności i walorów praktycznych (użyteczności). Na wykresie wszystkie alternatywne rozwiązania zostają przedstawione jako punkty w przestrzeni dwuwymiarowej – na osi odciętych reprezentowana jest skuteczność rozwiązania w kategoriach ryzyka, oś rzędnych określa jego praktyczność (stanowiącą pewien konglomerat wielu cech związanych z danym rozwiązaniem). Podejścia znajdujące się w prawej górnej ćwiartce reprezentują najbardziej korzystne alternatywy. Na rys. 6.5 pokazano hipotetyczny wykres preferencyjny opracowany dla omówionego wcześniej incydentu z wymianą uszkodzonej żarówki (rozdz. 6.2.2, rys. 5.37 i tab. 5.10).

Ostateczny wybór rozwiązań powinien uwzględnić stopień ważności problemu. W przypadku problemów lub zdarzeń związanych z bardzo poważnymi skutkami (potencjalnym zagrożeniem dla bezpieczeństwa, znacznym zakłóceniem procesu produkcji, poważnymi stratami materialnymi) środki naprawcze powinny zmierzać do usunięcia wielu przyczyn, współmiernie do występujących skutków, rzeczywistych i potencjalnych. W takich przypadkach właściwą decyzją jest zastosowanie wielu różnych środków naprawczych. W przypadku problemów niewielkiego ryzyka wystarczające będą najprawdopodobniej jedno lub dwa najlepsze rozwiązania.



Rys. 6.5. Wykres preferencyjny rozwiązań dla incydentu z wymianą żarówki (wg [3])

6.5. Przekazanie wniosków dotyczących rozwiązania problemu

W tym kroku procesu decyzje dotyczące środków naprawczych zostają przekazane osobom lub jednostkom organizacyjnym odpowiedzialnym za ich wdrożenie. Na tym etapie może być również niezbędna akceptacja przyjętych rozwiązań na odpowiednim szczeblu decyzyjnym i uzyskanie środków potrzebnych do realizacji wybranego

rozwiązania. Po zakończeniu analiz i określeniu środków naprawczych istnieje potrzeba przekazania bardziej szczegółowych informacji o problemie/zdarzeniu szerszemu gronu pracowników, którzy powinni być świadomi istniejących zagrożeń oraz dowiedzieć się o zastosowanych środkach naprawczych. Informacje te powinny być przekazywane na różnych poziomach organizacji (indywidualnym zespołom, komórkom, wydziałom). Należy wykorzystać różnorodne formy komunikacji i dostępne kanały informacyjne. Ta akcja informacyjna niekiedy wykracza poza granice przedsiębiorstwa, gdyż może dotyczyć dostawców, kooperantów lub klientów.

Warunkiem efektywności tego procesu jest istnienie dobrze określonej listy osób lub jednostek organizacyjnych, którym są przekazywane odpowiednie informacje. Z reguły lista ta uwzględnia osobę, która zgłosiła dane zdarzenie (problem), oraz ludzi bezpośrednio zainteresowanych wprowadzonymi zmianami. Zwraca się uwagę, że rozdzielnik ten nie powinien być nadmiernie rozbudowany [3]. Zakres przekazywanych informacji należy dostosować do potrzeb określonych odbiorców, tak aby otrzymywali oni tylko te informacje, które są dla nich ważne i są im potrzebne. W przypadku mniej istotnych problemów/zdarzeń decyzje dotyczące rozwiązań są zwykle podejmowane przez personel produkcyjny lub operacyjny, bez udziału wyspecjalizowanej jednostki (komórki, sekcji) odpowiedzialnej za wykorzystanie doświadczeń operacyjnych (np. działu ds. zapewnienia jakości, BHP itp.). W odniesieniu do tych problemów celowa może się okazać weryfikacja dotychczasowych rezultatów analiz przez pracowników tej jednostki, aby stwierdzić, czy nie jest wskazane dalsze badanie tego problemu. Bardziej szczegółowe badanie może być zasadne, gdy incydent jest zdarzeniem powtarzającym się, co może wskazywać, że poprzednie zdarzenia nie zostały właściwie potraktowane, lub gdy zachodzi uzasadnione podejrzenie, że dalej idące rozwiązania są możliwe i wskazane.

Literatura

- [1] D.L. Gano, *Appollo Root Cause Analysis – A New Way of Thinking*, Apollonian Publications Yakima, Waszyngton 2003.
- [2] M. Paradies, L. Unger, *TapRoot. The system for Root Cause Analysis, Problem Investigation, and Proactive Improvement*, System Improvements, Inc., Knoxville 2000.
- [3] J.R. Phimister, U.G. Oktem, P.R. Kleindorfer, H. Kunreuther, *Near-Miss Incident Management in the Chemical Process Industry*, „Risk Analysis” 2003, nr 3.
- [4] A. Miller, *Use of PSA to support plant backfitings and safety upgradings; PSA as part of the periodic safety review process; Evaluation, ranking and correction of safety issues*, w: *IAEA Regional Training Course on Safety Assessment of NPPs to Assist Decision Making*, RER/9/046, Helsinki 2000.
- [5] U.S. Department Of Energy, *Guidebook to Decision-Making Methods*, WSRC-IM-2002-00002, 2001.
- [6] *Metody ilościowe w badaniach ekonomicznych*, t. 12, nr 2, red. B. Borkowski, Warszawa 2011.
- [7] *Systemy wspomaganie decyzji wielokryterialnych*, red. T. Kasprzak, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1992.

-
- [8] C.H. Kepner, B.B. Tregoe, *The New Rational Manager*, Princeton Research Press, Nowy Jork 1981.
 - [9] T.L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, Nowy Jork 1980.
 - [10] T.L. Saaty, *Decision Making for Leaders; The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*, RWS Publications, Pittsburgh 1995.
 - [11] T.L. Saaty, J.S. Shang, *Group decision-making: Head-count versus intensity of preference*, „Socio-Economic Planning Sciences” 2007, nr 41.
 - [12] T.L. Saaty, *The seven pillars of the analytic hierarchy process*, International Symposium on the Analytic Hierarchy Process 1999.
 - [13] T.L. Saaty, *Decision making – the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP)*, „Journal of Systems Science and Systems Engineering” 2004, nr 1.
 - [14] A.E. Boardman i in., *Cost Benefit Analysis: Concepts and Practice*, Prentice Hall, Upper Saddle River, Nowy Jork 1996.