

TADEUSZ KOMOROWICZ, MONIKA GWADERA, PAULINA WOJSA*

OCENA RYZYKA WYPADKU, POŻARU I WYBUCHU ZWIĄZANEGO Z OBECNOŚCIĄ NIEBEZPIECZNYCH CZYNNIKÓW CHEMICZNYCH

RISK ASSESSMENT OF ACCIDENT, FIRE AND EXPLOSION ASSOCIATED WITH THE PRESENCE OF HAZARDOUS CHEMICAL AGENTS

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono metodologię oceny ryzyka wypadku, pożaru i wybuchu związanego z magazynowaniem, transportem i stosowaniem niebezpiecznych czynników chemicznych. Proponowana metodologia pozwala skwantyfikować wielkość ryzyka i racjonalnie określić działania priorytetowe w kierunku jego zmniejszenia. Metoda określa poziom ryzyka *LR* jako iloczyn: obiektywnego wskaźnika zagrożenia *OHR*, poziomu ekspozycji *LE* oraz poziomu szkód *LC*.

Słowa kluczowe: ocena ryzyka, czynniki chemiczne

Abstract

A methodology for risk assessment of accident, fire and explosion associated with storage, transport and use of hazardous chemical agents has been presented in this paper. The proposed methodology will allow the magnitude of the existing risks to be quantified and consequently will allow their priority for correction to be rationally determined. In this method the Level of Risk *LR* is defined as the product of: *OHR* – Objective Hazard Rating, *LE* – Level of Exposure and *LC* – Level of Consequences.

Key words: risk assessment, chemical agents

* Dr inż. Tadeusz Komorowicz, mgr inż. Monika Gwadera (doktorantka), Paulina Wojsa (dyplomantka), Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Niebezpieczne czynniki chemiczne, którymi są pierwiastki i związki chemiczne w różnych postaciach [1], stwarzają ryzyko dla zdrowia człowieka i dla środowiska. Zdrowie człowieka może być zagrożone z jednej strony wskutek przenikania tych czynników do organizmu drogą inhalacyjną, przez skórę czy drogą pokarmową. W pracy [2] przedstawiono sposób oceny ryzyka i ryzyka zawodowego w narażeniu na czynniki chemiczne drogą inhalacyjną. Zagrożenie dla zdrowia człowieka i dla środowiska może pojawić się również w wyniku wypadku, pożaru czy wybuchu spowodowanego obecnością tych czynników. W niniejszej pracy przedstawiono metodologię oceny tego rodzaju ryzyka na podstawie informacji zawartych w poradnikach [3, 4]. Proponowana metodologia pozwala skwantyfikować wielkość ryzyka i racjonalnie określić działania priorytetowe w kierunku jego zmniejszenia, czyli w kierunku poprawy bezpieczeństwa. Rozważa się tu wypadki w mniejszej skali, mogące wydarzyć się w miejscu pracy podczas magazynowania, transportu i stosowania czynników chemicznych oraz wypadki związane z użytkowaniem substancji przez konsumentów. W odniesieniu do wypadków w większej skali, powodowanych przez czynniki chemiczne, wymogi odnośnie zarządzania ryzykiem są uregulowane Dyrektywą Seveso II [5].

2. Metodologia oceny ryzyka

Ryzyko związane z wypadkiem, pożarem, wybuchem lub inną niebezpieczną reakcją chemiczną podczas magazynowania, transportu i stosowania czynników chemicznych jest kombinacją [6]:

- częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia określonego zdarzenia wywołującego zagrożenie,
- konsekwencji związanych z tym zdarzeniem, tj. wielkości skutków tego zdarzenia (szkód).

Punktem wyjścia do określenia prawdopodobieństwa zdarzenia jest identyfikacja braków i niezgodności, czyli niespełnienia konkretnych wymagań dotyczących instalacji, urządzeń, procesów i obowiązków związanych z obecnością niebezpiecznych czynników chemicznych. Te braki i niezgodności rozpatruje się w powiązaniu ze zwrotami **R** przypisanymi do poszczególnych substancji. Na tej podstawie można określić tzw. obiektywny wskaźnik zagrożenia *OHR* (*Objective Hazard Rating*). Następnie określa się poziom ekspozycji *LE* (*Level of Exposure*). Prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia zagrażającego, czyli wypadku, pożaru, wybuchu itp. jest wyrażone iloczynem tych dwóch czynników. Po określeniu przewidywanej wielkości szkody *LC* (*Level of Consequences*) oblicza się wartość poziom ryzyka *LR* (*Level of Risk*) jako iloczyn trzech wymienionych czynników

$$LR = OHR \cdot LE \cdot LC \quad (1)$$

Obliczona wartość poziomu stanowi podstawę oceny ryzyka.

2.1. Obiektywny wskaźnik zagrożenia *OHR*

Wartości i znaczenie obiektywnego wskaźnika zagrożenia *OHR* podane są w tabeli 1.

Poziom i wartość obiektywnego wskaźnika zagrożenia *OHR* określa się na podstawie kwestionariusza (tabele 2 i 3). Każde zawarte w nim pytanie, w zależności od odpowiedzi,

wyznacza cząstkowy poziom i wartość wskaźnika *OHR*, który w pewnych przypadkach jest niezależny od rozpatrywanej substancji, ale ogólnie zależy od przyporządkowanych do substancji zwrotów **R** określających rodzaj zagrożenia.

Tabela 1

Obiektywny wskaźnik zagrożenia *OHR*

Poziom	Wartość <i>OHR</i>	Znaczenie
Akceptowalny	1	Nie wykryto żadnych znaczących anomalii. Ryzyko jest kontrolowane, jeśli środki są odpowiednio wdrożone.
Niedoskonały	2	Wykryto czynniki ryzyka o mniejszym znaczeniu. Zestaw istniejących środków zapobiegawczych ryzyka mógłby być poprawiony.
Niedostateczny	6	Wykryto czynniki ryzyka, które należy poprawić. Zestaw istniejących środków zapobiegawczych nie gwarantuje odpowiedniej kontroli ryzyka.
Katastrofalny	10	Wykryto znaczące czynniki ryzyka. Zestaw istniejących środków zapobiegawczych ryzyka jest nieefektywny.

Tabela 2

Kwestionariusz do wyznaczania obiektywnego wskaźnika zagrożenia *OHR* (część I)

Nr	Pytanie	Negatywna odpowiedź oznacza:	<i>OHR</i>
1	Czy magazynujesz, używasz, produkujesz itp. niebezpieczne czynniki chemiczne w formie surowców, produktów pośrednich, produktów ubocznych, odpadów, środków czyszczących itp.?	nie trzeba wypełniać dalej	
Identyfikacja czynników chemicznych			
2	Czy niebezpieczne czynniki chemiczne obecne stale bądź okazjonalnie podczas pracy są zidentyfikowane i spisane?		katastrofalny
3	Czy oryginalne opakowania niebezpiecznych czynników chemicznych mają poprawne etykiety?		katastrofalny
4	Czy etykiety są zachowywane, jeśli niebezpieczny czynnik chemiczny jest przepakowywany do innych opakowań lub pojemników?		katastrofalny
5	Czy napisy identyfikujące produkt i kierunek przepływu cieczy zostały przyklejone, przymocowane lub namalowane na rurociągach transportujących niebezpieczne czynniki chemiczne?	patrz tab. 3	
6	Czy napisy zostały umieszczone wzdłuż całej długości rurociągów w wystarczającej ilości i w miejscach o szczególnym ryzyku (zawory, połączenia itp.)?		niedoskonały
7	Czy są dostępne karty charakterystyk dla wszystkich niebezpiecznych czynników chemicznych, które są lub mogą być obecne podczas pracy i, jeśli to konieczne, czy jest wystarczająca i odpowiednia informacja na temat niebezpiecznych czynników chemicznych nie posiadających kart charakterystyk (odpady, produkty pośrednie itp.)?	patrz tab. 3	

Nr	Pytanie	Negatywna odpowiedź oznacza:	OHR
Magazynowanie/pakowanie czynników chemicznych			
8	Czy niebezpieczne czynniki chemiczne są magazynowane w specjalnych, ogrodzonych miejscach i pogrupowane według kategorii ryzyka oraz odpowiednio izolowane (przez zapewnienie stosownej odległości bądź ściany działowej) od czynników, z którymi łącznie mogłyby powodować niebezpieczne reakcje?	patrz tab. 3	
9	Czy przestrzeń magazynowa ma zapewnioną odpowiednią wentylację naturalną lub mechaniczną?		niedostateczny
10	Czy, jeśli to jest wymagane ze względu na ilość i/lub niebezpieczeństwo stwarzane przez ciekłe niebezpieczne czynniki chemiczne, jest zapewniona ich zbiórka i usuwanie, w wyniku wycieków lub rozlania, do bezpiecznych pojemników lub miejsc przewidzianych w obszarach magazynowania, stosowania i/lub produkcji?		niedostateczny
11	Czy obecność lub używanie niekontrolowanych źródeł ognia w magazynach palnych niebezpiecznych czynników chemicznych jest zakazane i czy stosowanie się do tego zakazu jest wystarczająco usankcjonowane i monitorowane?	patrz tab. 3	
12	Czy opakowania zawierające niebezpieczne czynniki chemiczne mają dostateczną odporność fizyczną i chemiczną i są wolne od wszelkich śladów uderzeń, cięć lub deformacji?	patrz tab. 3	
13	Czy opakowania zawierające niebezpieczne czynniki chemiczne są całkowicie bezpieczne (automatyczne zamknięcia, bezpieczne zamknięcia z blokadą, podwójne opakowania, warstwy absorbujące wstrząsy itp.)?	patrz tab. 3	
14	Czy transport opakowań, czy to ręczny czy też mechaniczny, odbywa się przy użyciu wyposażenia i/lub sprzętu, który gwarantuje, że są one stabilne i odpowiednio zabezpieczone?	patrz tab. 3	
Stosowanie/przetwarzanie czynnika chemicznego			
15	Czy w miejscu pracy jest przechowywana jedynie taka ilość niebezpiecznego czynnika chemicznego, która dokładnie jest potrzebna do bieżącej pracy (nigdy ilości większe niż konieczne na jedną zmianę lub dzień roboczy)?		niedoskonały
16	Czy niebezpieczne czynniki chemiczne, obecne w miejscu pracy do użytku w czasie zmiany lub dnia roboczego i te nie będące w bieżącym użyciu, są magazynowane w odpowiednich pojemnikach, zabezpieczonych szafkach lub specjalnych ogrodzonych miejscach?		niedoskonały
17	Czy unika się rozprzestrzeniania niebezpiecznych czynników chemicznych wskutek niepotrzebnego otwarcia pojemników?	patrz tab. 3	
18	Czy powstawanie i/lub akumulacja wyładowań elektrostatycznych podczas transferu palnych cieczy są rygorystycznie monitorowane?	patrz tab. 3	
19	Czy instalacja elektryczna w miejscach o ryzyku wystąpienia palnej atmosfery jest w wykonaniu przeciwwybuchowym i czy wszelkiego rodzaju źródła zapłonu są monitorowane (*)?	patrz tab. 3	
20	Czy w środowisku o właściwościach korozyjnych jest odpowiednia instalacja elektryczna?	patrz tab. 3	

Nr	Pytanie	Negatywna odpowiedź oznacza:	OHR
21	Czy właściwości materiałów, wyposażenia i narzędzi są odpowiednie do charakteru używanych niebezpiecznych czynników chemicznych?	patrz tab. 3	
22	Czy nie ma nieszczelności i czy jest ogólnie sprawdzony prawidłowy stan instalacji i wyposażenia przed oddaniem do użytku?	patrz tab. 3	
23	Czy wyposażenie lub procesy, które tego wymagają, mają systemy wykrywające niebezpieczne warunki (poziom dolnej granicy zapłonu w tunelu suszącym, temperatura/ciśnienie w reaktorze, poziom napełnienia zbiornika itp.) połączone z systemem alarmowym?	patrz tab. 3	
24	Czy istniejące systemy wykrywające działają tak, że mogą przerwać proces, kiedy to jest wymagane w sytuacjach krytycznych?		niedostateczny
25	Czy odpowietrzniki i wyloty urządzeń bezpieczeństwa dla produktów palnych/wybuchowych posiadają wyprowadzenia do bezpiecznego miejsca i są wyposażone w pochodnie, tam gdzie to jest wymagane?	patrz tab. 3	
26	Czy są dostępne urządzenia do bezpiecznego obchodzenia się, absorpcji, destrukcji i/lub przetrzymania wypływu z urządzeń bezpieczeństwa i odpowietrzników?	patrz tab. 3	
27	Czy operacje, podczas których możliwe jest uwolnienie niebezpiecznych czynników chemicznych w postaci gazów, par, pyłów itp. są przeprowadzane w instalacjach hermetycznych lub, jeśli tak nie jest, w dobrze wentylowanych obszarach lub w instalacjach z systemami lokalnych wyciągów?	patrz tab. 3	
28	Ogólnie – czy wdrożono środki ochrony zbiorowej, potrzebne do izolowania niebezpiecznych czynników chemicznych i/ lub ograniczenia ekspozycji i/lub kontaktu w stosunku do pracowników?	patrz tab. 3	
Organizacja profilaktyki podczas stosowania czynników chemicznych			
29	Czy jest wymagane zezwolenie na pracę podczas wykonywania operacji związanych z ryzykiem dotyczącym zbiorników, wyposażenia lub instalacji zawierających aktualnie lub w przeszłości niebezpieczne czynniki chemiczne?	patrz tab. 3	
30	Czy jest zagwarantowana kontrola dostępu dla zewnętrznego lub nieautoryzowanego personelu, do obszarów gdzie są składowane, załadowywane/wyładowywane lub przerabiane niebezpieczne czynniki chemiczne?	patrz tab. 3	
31	Czy pracownicy zostali odpowiednio poinformowani o ryzyku związanym z niebezpiecznymi czynnikami chemicznymi i prawidłowo przeszkoleni w zakresie stosowania środków zapobiegania i ochrony?	patrz tab. 3	
32	Czy pracownicy mają wgląd do kart charakterystyk dostarczonych przez dostawcę?		niedoskonały
33	Czy są dostępne pisemne instrukcje pracy do wykonywania czynności związanych z niebezpiecznymi czynnikami chemicznymi?	patrz tab. 3	

Nr	Pytanie	Negatywna odpowiedź oznacza:	OHR
34	Czy jest opracowany profilaktyczny program konserwacji a także planowany program konserwacji dla wyposażenia lub instalacji, których poprawne działanie ma kluczowy wpływ na bezpieczeństwo procesu?		niedostateczny
35	Czy zagwarantowano czystość miejsc i stanowisk pracy (czy został ustanowiony program i czy jego stosowanie jest monitorowane)?		niedoskonały
36	Czy są dostępne szczególne środki do neutralizacji i sprzątnięcia wycieków i/lub do kontroli nieszczelności i czy istnieją instrukcje postępowania?		niedostateczny
37	Czy jest plan zarządzania odpadami i czy jego stosowanie jest monitorowane?		niedostateczny
38	Czy wdrożono poprawne reguły higieny osobistej (mycie rąk, zmiana odzieży, zakaz jedzenia, picia lub palenia na stanowiskach pracy itp.) i czy ich stosowanie jest monitorowane?		niedoskonały
39	Czy jest dostępny plan awaryjny w sytuacjach krytycznych związanych z występowaniem niebezpiecznych czynników chemicznych (nieszczelności, wycieki, pożar, eksplozja itp.)?		katastrofalny
40	Ogólnie – czy wdrożono wymagane środki organizacyjne w celu izolacji niebezpiecznych czynników chemicznych i/ lub ograniczenia ekspozycji i/lub kontaktu z nimi przez pracowników?	patrz tab. 3	
Używanie środków ochrony osobistej i urządzeń awaryjnych			
41	Czy są dostępne niezbędne środki ochrony osobistej i czy ich skuteczne używanie jest monitorowane podczas różnych obowiązków przy ryzyku ekspozycji lub kontaktu z niebezpiecznymi czynnikami chemicznymi?	patrz tab. 3	
42	Czy prysznice odkażające i prysznice do przemywania oczu są dostępne w pobliżu miejsc, gdzie są możliwe rozbryzgi niebezpiecznych czynników chemicznych?	patrz tab. 3	
43	Ogólnie – czy istnieje zarządzanie środkami ochrony osobistej i odzieżą roboczą?		niedostateczny
44	Czy wykryto inne braki lub wady odnośnie środków ochrony zbiorowej, środków organizacyjnych i używania środków ochrony osobistej? Opisz i oceń.		

* Aby określić, czy jest ryzyko wystąpienia atmosfery wybuchowej, miejsce pracy powinno być najpierw sklasyfikowane pod kątem obecności substancji łatwopalnych i, jeśli to możliwe, sprawdzone przy użyciu eksplozometru.

Po uzyskaniu wszystkich odpowiedzi, ogólny poziom i wartość obiektywnego wskaźnika zagrożenia (przedstawione w tabeli 1) wyznacza się na podstawie następujących kryteriów:

- ogólny poziom *OHR* jest katastrofalny (wartość *OHR* równa 10), jeśli odpowiedź na jakiegokolwiek pytanie w kwestionariuszu wyznacza poziom katastrofalny lub jeśli więcej niż 50 % odpowiedzi wyznacza poziom niedostateczny;
- ogólny poziom *OHR* jest niedostateczny (wartość *OHR* równa 6), jeśli, w przypadku gdy nie jest katastrofalny, odpowiedź na jakiegokolwiek pytanie wyznacza poziom niedostateczny lub jeśli więcej niż 50% odpowiedzi wyznacza poziom niedoskonały (do poprawy);

- ogólny poziom *OHR* jest niedoskonały (wartość *OHR* równa 2), jeśli, w przypadku gdy nie jest katastrofalny ani niedostateczny, odpowiedź na jakiegokolwiek pytanie wyznacza poziom niedoskonały;
- ogólny poziom *OHR* jest akceptowalny (wartość *OHR* równa 1) w pozostałych przypadkach.

Tabela 3

Kwestionariusz do wyznaczania obiektywnego wskaźnika zagrożenia *OHR* (część II)

Nr pytania	Obiektywny wskaźnik zagrożenia		
	katastrofalny	niedostateczny	niedoskonały
5, 7	R1R6, R7, R12, R14, R15,	R8, R9, R11, R18, R24,	R10, R21, R22, R36, R38
8	R16, R17, R19, R27, R28, R35, R39	R25, R30, R34, R37, R41, R44,	
11	R1-R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19	R8, R9, R11, R18, R30, R44	R10
12, 13, 14	R1-R6, R7, R12, R17, R19, R27, R35, R39	R9, R11, R24, R34, R37, R41	R10, R21, R36, R38
17	R7, R12, R17, R27, R35, R39	R11, R18, R24, R30, R34, R37, R41	R10, R21, R36
18	R7, R12	R11, R18, R30	R10
19	R1-R6, R12, R15	R8, R11, R18, R30	
20	R35	R34	
21, 22, 23	R1-R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R35, R39	R8, R9, R11, R18, R24, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R36, R38
24		R1-R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18, R21, R24, R30, R34, R36, R37, R38, R41, R44
25	R2, R3, R5, R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19	R8, R9, R11, R18, R30, R44	R10
26	R27, R35, R39	R24, R34, R37, R41	R21, R36, R38
27	R7, R12, R27, R35, R39	R11, R18, R24, R30, R34, R37, R41	R10, R21, R36
28	R1-R6, R7, R12, R14, R15,	R8, R9, R11, R18, R24,	R10, R21, R22, R36, R38
29	R16, R17, R19, R27, R28, R35, R39	R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10
30, 31	R1-R6, R7, R12, R14, R15,	R8, R9, R11, R18, R24,	R10, R21, R22, R36, R38
33	R16, R17, R19, R27, R28, R35, R39	R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10
40	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R22, R36, R38
41, 42	R27, R35, R39	R24, R34, R39, R41	R21, R36

2.2. Poziom ekspozycji *LE*

Poziom ekspozycji *LE* jest wskaźnikiem częstotliwości, z jaką pojawia się ekspozycja na zagrożenie. Poziom ten może być oszacowany w zależności od rodzaju czynności i czasu spędzonego w przestrzeniach, gdzie zidentyfikowano ryzyko. Wartości i znaczenie poszczególnych poziomów ekspozycji określono w tabeli 4.

Wartości i znaczenie poszczególnych poziomów ekspozycji LE

Wartość LE	Częstotliwość/czas ekspozycji
1	okazyjnie
2	czasami w ciągu dnia pracy i przez krótkie okresy czasu
3	kilka razy w ciągu dnia pracy przez krótkie okresy czasu
4	ciągłe; kilka razy w ciągu dnia pracy przez przedłużone okresy czasu

Wartości podane w tabeli 4 są niższe niż wartości w tabeli 1. Jest to logiczne, gdyż jeśli sytuacja jest pod kontrolą, wysoki poziom ekspozycji nie powinien dawać wzrostu ryzyka do takiego samego poziomu jak niski poziom ekspozycji w przypadku sytuacji katastrofalnej.

2.3. Poziom szkód LC

Na wielkość ryzyka ma wpływ poziom szkód. W poradnikach [3, 4] określono cztery ich poziomy, skategoryzowane w funkcji wielkości szkód osobowych. W metodologii przyjmuje się przewidywaną, a nie maksymalną wielkość szkody. Wartości LC dla każdego poziomu podano w tabeli 5.

Tabela 5

Wartości LC dla poszczególnych poziomów szkód

Wartość LC	Wielkość szkody
100	jedna lub więcej ofiar śmiertelnych
60	poważne urazy, które mogą być nieodwracalne
25	urazy zazwyczaj odwracalne
10	niewielkie urazy

Jak widać z danych zawartych w tabeli 5, wartości przypisane do poszczególnych poziomów szkód są znacznie wyższe niż wartości w tabelach 1 i 4, ponieważ wielkość szkód powinna mieć dużą wagę w ocenie ryzyka.

2.4. Poziom ryzyka LR

Omówione powyżej etapy prowadzą do określenia poziomu ryzyka LR zgodnie ze wzorem (1). Wyniki zamieszczono w tabeli 6.

Tabela 6

Określenie poziomu ryzyka LR

		OHR-LE (prawdopodobieństwo)			
		2-4	6-8	10-20	24-40
		LR			
LC	10	20-40	60-80	100-200	240-400
	25	50-100	150-200	250-500	600-1000
	60	120-240	360-480	600-1200	1440-2400
	100	200-400	600-800	1000-2000	2400-4000

Poziomy ryzyka

Poziom ryzyka	Wartość <i>LR</i>	Zalecenia
1	20–40	Należy oprawić tak dużo jak to możliwe. Wymagane są okresowe kontrole, aby zagwarantować że efektywność bieżących środków jest utrzymywana.
2	50–120	Należy ustanowić środki kontroli ryzyka i wprowadzić je w wyznaczonym terminie.
3	150–500	Należy poprawić i zastosować krótkoterminowe środki kontroli.
4	600–4000	Sytuacja wymaga pilnej poprawy.

Po wypełnieniu zaleceń należy przeprowadzić ponowną ocenę ryzyka.

2.5. Ocena ryzyka zawodowego

W celu wyznaczenia granic dopuszczalności ryzyka zawodowego związanego z wypadkiem, pożarem, wybuchem itp. najprościej jest przeliczać otrzymane cztery poziomy ryzyka na skalę trójstopniową podaną w normie [7] (tabela 8). Skala trójstopniowa podaje wielkość ryzyka w funkcji prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia zagrażającego (w tym przypadku będzie to wypadek, pożar, wybuch itp.) i ciężkości następstw tego zdarzenia.

Tabela 8

Oszacowanie ryzyka w skali trójstopniowej [2]

Prawdopodobieństwo	Ciężkość następstw		
	mała	średnia	duża
	oszacowanie ryzyka		
Mało prawdopodobne	małe	małe	średnie
Prawdopodobne	małe	średnie	duże
Wysoce prawdopodobne	średnie	duże	duże

Ciężkość następstw i prawdopodobieństwo ich wystąpienia określa się następująco [7]:

- Do następstw o małej szkodliwości zalicza się te urazy i choroby, które nie powodują długotrwałych dolegliwości i absencji w pracy – są to czasowe pogorszenia stanu zdrowia, takie jak niewielkie stłuczenia i zranienia, podrażnienia oczu, objawy niewielkiego zatrucia, bóle głowy itp.;
- Do następstw o średniej szkodliwości zalicza się te urazy i choroby, które powodują niewielkie, ale długotrwałe lub nawracające okresowo dolegliwości i są związane z okresami absencji w pracy, np. zranienia, oparzenia II stopnia na niewielkiej powierzchni ciała, alergię skórne, nieskomplikowane złamania itp.;
- Do następstw o dużej szkodliwości zalicza się te urazy i choroby, które powodują ciężkie i stałe dolegliwości i/lub śmierć, np. oparzenia III stopnia, oparzenia II stopnia dużej powierzchni ciała, amputacje, skomplikowane złamania z następową dysfunkcją, choroby nowotworowe, toksyczne uszkodzenia narządów wewnętrznych i układu nerwowego, uszkodzenia słuchu, astma, zaćma itp.;

- Do mało prawdopodobnych zalicza się te następstwa zagrożeń, które nie powinny wystąpić podczas całego okresu aktywności zawodowej pracownika;
- Do prawdopodobnych zalicza się te następstwa zagrożeń, które mogą wystąpić nie więcej niż kilkakrotnie podczas okresu aktywności zawodowej pracownika;
- Do wysoce prawdopodobnych zalicza się te następstwa zagrożeń, które mogą wystąpić wielokrotnie podczas okresu aktywności zawodowej pracownika.

Wobec braku reguł odnośnie przeszacowania odpowiedniego poziomu ryzyka z tabeli 7 na skalę trójstopniową podaną w tabeli 8 proponuje się, na podstawie analizy, własny sposób podany w tabeli 9.

Tabela 9

Propozycja przeszacowania poziomów ryzyka z tabeli 7 na skalę trójstopniową

Poziom ryzyka	Skala trójstopniowa [7]	Ocena ryzyka
1	ryzyko małe	Dopuszczalne, konieczne zapewnienie, aby ryzyko pozostało co najwyżej na tym samym poziomie.
2	ryzyko średnie	Dopuszczalne, konieczne działania w kierunku zmniejszenia ryzyka.
3	ryzyko średnie	
4	ryzyko duże	Niedopuszczalne, konieczne natychmiastowe działania w kierunku zmniejszenia ryzyka.

3. Wnioski

W praktyce powszechnym podejściem do oceny ryzyka w narażeniu na czynniki chemiczne jest uwzględnianie głównie toksyczności substancji drogą inhalacyjną. Ryzyko przeważnie określa się przez proste porównanie stężenia w narażeniu z wartością NDS, tj. Najwyższego Dopuszczalnego Stężenia. Jednak wartości NDS określone są obecnie tylko dla 509 substancji [8]. W pracy [2] opisano pełną metodologię oceny ryzyka drogą inhalacyjną, obejmującą również przypadki, gdy nie są znane wartości NDS. Uwzględni ona właściwości danej substancji, jej zdolność do przedostawania się do środowiska oraz używaną ilość. Przedstawiona w niniejszej pracy metodologia oceny ryzyka i ryzyka zawodowego związanego z wypadkiem, pożarem, wybuchem itp. wskutek obecności niebezpiecznych czynników chemicznych, tj. ich magazynowania, transportu i stosowania, pozwala na bardziej kompleksową ocenę problematyki bezpieczeństwa w tej dziedzinie.

Spis używanych zwrotów R [9]

- R1 Produkt wybuchowy w stanie suchym
- R10 Produkt łatwopalny
- R11 Produkt wysoce łatwopalny
- R12 Produkt skrajnie łatwopalny
- R14 Reaguje gwałtownie z wodą
- R15 W kontakcie z wodą uwalnia skrajnie łatwopalne gazy
- R16 Produkt wybuchowy po zmieszaniu z substancjami utleniającymi
- R17 Samorzutnie zapala się w powietrzu

- R18 Podczas stosowania mogą powstawać łatwopalne lub wybuchowe mieszaniny par z powietrzem.
- R19 Może tworzyć wybuchowe nadtlenki
- R2 Zagrożenie wybuchem wskutek uderzenia, tarcia, kontaktu z ogniem lub innymi źródłami zapłonu
- R21 Działa szkodliwie w kontakcie ze skórą
- R22 Działa szkodliwie po połknięciu
- R24 Działa toksycznie w kontakcie ze skórą
- R25 Działa toksycznie po połknięciu
- R27 Działa bardzo toksycznie w kontakcie ze skórą
- R28 Działa bardzo toksycznie po połknięciu
- R3 Skrajne zagrożenie wybuchem wskutek uderzenia, tarcia, kontaktu z ogniem lub innymi źródłami zapłonu
- R30 Podczas stosowania może stać się wysoce łatwopalny
- R34 Powoduje oparzenia
- R35 Powoduje poważne oparzenia
- R36 Działa drażniąco na oczy
- R37 Działa drażniąco na drogi oddechowe
- R38 Działa drażniąco na skórę
- R39 Zagroza powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia
- R4 Tworzy łatwo wybuchające związki metaliczne
- R41 Ryzyko poważnego uszkodzenia oczu
- R44 Zagrożenie wybuchem po ogrzaniu w zamkniętym pojemniku
- R5 Ogrzanie grozi wybuchem
- R6 Produkt wybuchowy z dostępem i bez dostępu powietrza
- R7 Może spowodować pożar
- R8 Kontakt z materiałami zapalnymi może spowodować pożar
- R9 Grozi wybuchem po zmieszaniu z materiałem zapalnym

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych, Dz. U. z 2005 r. Nr 11, poz. 86 (z późn. zm.).
- [2] Komorowicz T., *Ocena ryzyka zawodowego w narażeniu na czynniki chemiczne drogą inhalacyjną*, Czasopismo Techniczne, z. 4, 1-Ch/2009, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2009, s. 3-15.
- [3] Chemical Agents Directive 98/24/EC, *Practical Guidelines of a Non-Binding Nature on the Protection of the Health and Safety of Workers from the Risk Related to Chemical Agents at Work*, European Commission Employment, Social Affairs and Equal Opportunities, Office for Official Publications of European Communities, Luxembourg 2006.
- [4] REACH Navigator, *Guidance for the Implementation of REACH – Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment, Part E: Risk Characterization*, European Chemicals Agency 2008, http://guidance.echa.europa.eu/docs/guidance_document/information_requirements_en.htm?time=1268330729

- [5] Dyrektywa Rady Europejskiej 96/82/EC z dn. 9 grudnia 1996 r. (z późn. zm.) w sprawie kontroli niebezpieczeństwa poważnych awarii związanych z substancjami niebezpiecznymi – postanowienia ujęte w Ustawie Prawo ochrony środowiska, tekst jednolity Dz. U. z 2008 r. Nr 25, poz. 150 (z późn. zm.).
- [6] PN-N-18001:2004 – *Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Wymagania.*
- [7] PN-N-18002:2000 – *Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.*
- [8] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz. U. z 2002 r. Nr 217, poz. 1833 (z późn. zm., ostatnia: Dz. U. z 2010 r. Nr 141, poz. 950).
- [9] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 września 2003 r. w sprawie kryteriów i sposobu klasyfikacji substancji i preparatów chemicznych, Dz. U. z 2003 r. Nr 171, poz. 1666 (z późn. zm., ostatnia: Dz. U. z 2009 r. Nr 43, poz. 353).