

Janusz R. RAK
Andrzej STUDZIŃSKI
Politechnika Rzeszowska

RYZIKO NARAŻENIA ZAWODOWEGO NA CZYNNIKI CHEMICZNE W SYSTEMIE ZAOPATRZENIA W WODĘ

W pracy omówiono zagadnienie ryzyka narażenia zawodowego na czynniki chemiczne w procesie eksploatacji systemów zaopatrzenia w wodę. Jest ono wynikiem stosowania w procesach uzdatniania wody substancji chemicznych mogących mieć negatywny wpływ na zdrowie ludzi. Scharakteryzowano obowiązujący w tym zakresie stan prawny oraz wybrane wymagania dotyczące stosowania niebezpiecznych związków chemicznych. Przedstawiono zasady prewencji, bezpieczeństwa oraz profilaktyki. Zaproponowano metodę szacowania ryzyka zdrowotnego opartą na wskaźniku narażenia ogólnego oraz przedstawiono metodykę jego obliczania.

1. Wprowadzenie

Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy w odniesieniu do zakładów uzdatniania wody (ZUzW) wynikają z rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 27.01.1994 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu środków chemicznych do uzdatniania wody i oczyszczania ścieków (Dz.U. 94.21.73). Ogólne wymagania prawne dotyczące czynników chemicznych w środowisku pracy stanowią przepisy rozdziału V „Czynniki oraz procesy pracy stwarzające szczególne zagrożenie dla zdrowia lub życia” działu X „Bezpieczeństwo i higiena pracy”, zawartego w ustawie z dnia 26.06.1974 r. Kodeks pracy (Dz.U. 98.21.94, z późn. zm.). Szczegółowe wymagania prawne dotyczące materiałów niebezpiecznych zawiera rozdział VI „Prace szczególnie niebezpieczne”, punkt D „Prace przy użyciu materiałów niebezpiecznych”, działu IV „Procesy pracy” rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26.09.1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. 03.169.1650 i Dz.U. 07.49.330). Rozporządzenie to podaje także ogólne wymagania prawne dotyczące ryzyka zawodowego w rozdziale 1. „Przepisy ogólne” działu IV „Przepisy pracy”. Szczegółowe wymagania prawne dotyczące oceny ryzyka zawodowego dla czynników chemicznych zawiera rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia

30.12.2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych (Dz.U. 05.212.1769). Z kolei szczegółowe wymagania prawne dotyczące czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy wynikają z rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 20.04.2005 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 05.73.645). Dopełnieniem w rozpatrywanym temacie jest Rozporządzenie (WE) 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18.12.2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) opublikowane w Dz.U. UE, seria L nr 396 z 30.12.2006 r. [1].

2. Wymagania dotyczące stosowania środków chemicznych do uzdatniania wody

Wymagania prawne dotyczą wykonywania pracy w zbiornikach przeznaczonych do przechowywania, warunków magazynowania, rurociągów przesyłowych i stosowania następujących środków chemicznych: chloru, podchlorynu sodowego, wapna chlorowanego, siarczanu glinowego i żelazawego, chlorku żelazowego, wapna, fluorokrzemianu sodowego, kwasu fluorokrzemowego, ozonu, kwasu siarkowego i solnego, wodorotlenku sodowego oraz węgla aktywnego. Przykładowe wymagania prawne dotyczące stosowania środków chemicznych do uzdatniania wody są następujące:

- w razie bezpośredniego zagrożenia życia lub zdrowia pracownik ma obowiązek opuścić miejsce zagrożenia i ostrzec o niebezpieczeństwie inne osoby przebywające w strefie zagrożenia oraz powiadomić o tym fakcie przełożonych,
- przełożony w razie stwierdzenia bezpośredniego zagrożenia pracowników podejmuje natychmiast działanie przerwania pracy i ewakuacji pracowników ze strefy zagrożenia oraz czynności związane z usunięciem zagrożenia,
- prace związane z użytkowaniem środków żrących i trujących powinny być wykonywane przez zespół co najmniej dwuosobowy.

3. Zady prewencji, bezpieczeństwa i profilaktyki

Zasady prewencji (aksjomaty H.W. Heinricha prewencji wypadkowej)

1. Wystąpienie wypadku z poważnym zranieniem poprzedza przeciętnie 300 zdarzeń niepożądanych bezurazowych.
2. Wystąpienie wypadku wynika z łańcucha przyczynowego zdarzeń, których ostatnim jest wypadek spowodowany przez niebezpieczne zachowania człowieka i/lub czynniki środowiska pracy.

3. Wielkość szkody powodowanej przez wypadek jest losowa, natomiast można zapobiec wystąpieniu samego wypadku.
4. Rozpoznanie motywów i przyczyn podejmowania niebezpiecznych zachowań umożliwia zastosowanie działań prewencyjnych.
5. Podstawowe metody zapobiegania wypadkom to: odpowiednie projektowanie, wykonanie, eksploatacja i kontrola pracy maszyn wraz z wyposażeniem, dobór i szkolenie pracowników, dyscyplina pracy.
6. Najbardziej efektywne metody w prewencji wypadkowej są tożsame z metodami kontroli jakości, kosztów i wydajności pracy.
7. Zarządzanie daje najlepsze wyniki w prowadzeniu prewencji wypadkowej.
8. Przełożony jest kluczową osobą w prewencji wypadkowej kontrolującą zachowania pracownika.
9. Humanitarne aspekty prewencji wypadkowej są uzależnione od czynników ekonomicznych.

Zasady bezpieczeństwa (według D. Petersona)

1. Bezpieczeństwo powinno być realizowane systemowo.
2. Niepożądane zachowania, warunki i wypadek są symptomami nieprawidłowości w systemie bezpieczeństwa.
3. Przyczyny i okoliczności powstawania wypadków są przewidywalne.
4. Bezpieczeństwo może być zarządzane podobnie jak każda inna działalność.
5. Procedury zarządzania bezpieczeństwem pozwalają zidentyfikować i określić przyczyny powstawania wypadków.
6. Niebezpieczne zachowania człowieka to „normalna” reakcja na niewłaściwe środowisko pracy.
7. Efektywny system bezpieczeństwa tworzą sprzęt techniczny, pracownik i procedury zarządzania.
8. System bezpieczeństwa musi być dostosowany do kultury bezpieczeństwa.
9. Skuteczność systemu bezpieczeństwa zależy od wagi przypisywanej zagrożeniom bezpieczeństwa.

Zasady profilaktyki

Zasady zbierania i analizowania danych o wypadkach według metodologii ESAW (ang. *European Statistics on Accidents at Work*) uwzględniają następujące etapy:

- fazę przedwypadkową – sytuacja zaistniała bezpośrednio przed wypadkiem,
- fazę wypadkową – składa się ze zdarzenia będącego odchyleniem od stanu normalnego i zdarzenia bezpośrednio powodującego uraz,
- fazę powypadkową – polega na identyfikacji umiejscowienia i określenia rodzaju urazu.

Analizę wypadków przy pracy przeprowadza się w następujących formach:

- analiza bezwzględna – polega na określeniu liczby poszkodowanych (wypadek indywidualny, zbiorowy) ciężkości skutków (wypadek śmiertelny, ciężki, powodujący czasową niezdolność do pracy),
- analiza rodzajowa – rodzaj stanowiska pracy, na którym doszło do wypadku, opis czasu zdarzenia wypadkowego od rozpoczęcia pracy, opis przyczyn bezpośrednich i pośrednich wypadku, charakterystyka kwalifikacji zawodowych poszkodowanego,
- analiza wskaźnikowa – wskaźnik częstości wypadków w przeliczeniu na liczbę zatrudnionych, roboczogodzin i wielkość produkcji, wskaźnik ciężkości – iloraz liczby dniówek straconych w wyniku wypadku i liczby poszkodowanych, wskaźnik globalny – iloczyn wskaźnika częstości wypadków w przeliczeniu na liczbę zatrudnionych i wskaźnika ciężkości wypadków [2÷4].

4. Terminologia

Substancja chemiczna – pierwiastek chemiczny i jego związki w stanie, w jakim występują naturalnie lub zostają uzyskane za pomocą procesu produkcyjnego.

Czynnik chemiczny – pierwiastek lub związek chemiczny w postaci, w jakiej występuje naturalnie lub w stanie, w jakim jest wytworzony, stosowany lub uwolniony w środowisku pracy.

Preparat chemiczny – mieszanina lub roztwór składający się z co najmniej dwóch substancji chemicznych.

Zagrożenie czynnikiem chemicznym – swoista właściwość mogąca potencjalnie spowodować szkodę.

Substancja i preparat niebezpieczny – zakwalifikowany, zgodnie z ustawą z dnia 11.01.2001 r. o substancjach i preparatach chemicznych (Dz.U. 01.11.84, z późn. zm.), do co najmniej jednej z wymienionych kategorii i o właściwościach wybuchowych bądź utleniających: skrajnie łatwo palne, wysoce łatwo palne, łatwo palne, bardzo toksyczne, toksyczne, szkodliwe, żrące, drażniące, uczulające, rakotwórcze, mutagenne, działające szkodliwie na rozrodczość i niebezpieczne dla środowiska.

Trucizna – substancja lub preparat chemiczny, który w wielkiej dawce wprowadzony do organizmu człowieka wywołuje zakłócenie normalnych funkcji życiowych lub powoduje zgon. Wyróżnia się: trucizny drażniące (chlorowodór, dwutlenek siarki, kwas octowy, amoniak), trucizny duszące (tlenek węgla, siarkowodór), trucizny protoplazmatyczne (rtęć, ołów, arsen i ich związki), trucizny narkotyczne.

Zagrożenie – stan środowiska pracy mogący spowodować wypadek lub chorobę.

Ekspozycja – oddziaływanie czynników występujących w środowisku pracy na organizm człowieka. Miarą jest czas i intensywność narażenia.

Narażenie – ekspozycja na czynnik szkodliwy dla zdrowia, która z określonym prawdopodobieństwem może spowodować wystąpienie niekorzystnych skutków w stanie zdrowia.

Najwyższe dopuszczalne stężenie (*NDS*) – wartość średnia ważona stężenia, które – oddziałując na pracownika w ciągu 8-godzinnego czasu pracy – przez cały okres jego aktywności zawodowej nie spowoduje ujemnych zmian w stanie zdrowia.

Najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (*NDS_{Ch}*) – wartość średnia, która nie powinna spowodować ujemnych zmian w stanie zdrowia pracownika, jeżeli występuje w środowisku pracy nie dłużej niż 15 minut i nie częściej niż 2 razy w czasie zmiany roboczej, w odstępie czasu nie krótszym niż 1 godzina.

Najwyższe dopuszczalne stężenie pułapowe (*NDSP*) – wartość, która ze względu na zagrożenia zdrowia lub życia pracownika nie może być w środowisku pracy przekroczona w żadnej chwili czasu [5].

Ryzyko zawodowe – prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń związanych z wykonywaną pracą powodujących straty, w szczególności wystąpienia u pracownika niekorzystnych skutków pracy lub sposobu wykonywania pracy.

5. Metoda oceny ryzyka zawodowego

Czas ekspozycji w ciągu zmiany roboczej T_e wynosi:

$$T_e = \sum_{j=1}^m T_{ej} \quad (1)$$

gdzie T_{ej} – czas trwania ekspozycji na narażenie podczas j -tej czynności.

Stężenie średnie ważne S_w danej substancji chemicznej w powietrzu określa się przez okres co najmniej 75% czasu jej trwania (360 min dla 8 godz. zmiany) wynosi:

$$S_w = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (2)$$

gdzie: S_i – stężenie substancji chemicznej w i -tej próbie,
 t_i – czas trwania poboru i -tej próby,
 n – liczba pobranych prób.

Obowiązują przy tym następujące zasady:

- dla jednego stanowiska pracy obejmującego różne czynności pobiera się co najmniej 4 próby dla każdej czynności,
- dla pracownika obsługującego więcej niż jedno stanowisko pracy pobiera się co najmniej 4 próby na każdym stanowisku pracy,
- w wypadku, gdy miejscem pracy jest całe pomieszczenie losowo pobiera się 5 prób dla 2÷6 określonych punktów pomiarowych [1].

Wskaźnik ekspozycji zmianowej (dobowej) WE_d określający równoważne stężenie substancji chemicznej wyznacza się ze wzoru:

$$WE_d = S_w \cdot T_e \quad (3)$$

Wskaźnik ekspozycji chwilowej WE_{ch} określa stężenie substancji chemicznej odniesione do 15-minutowego czasu narażenia w ciągu zmiany roboczej:

$$WE_{ch} = \max(S_i \cdot t_i) \quad (4)$$

Wskaźnik narażenia dobowego określa poziom ryzyka jako krotność przekroczenia normy i wyznacza się ze wzoru:

$$WN_d = \frac{WE_d}{NDS} \quad (5)$$

gdzie NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie dla danej substancji chemicznej.

Wskaźnik narażenia chwilowego WN_{ch} określa poziom ryzyka jako krotność przekroczenia normy i wyznacza się ze wzoru:

$$WN_{ch} = \frac{WE_{ch}}{NDS_{ch}} \quad (6)$$

gdzie NDS_{ch} – najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe.

Wskaźnik narażenia ogólnego WN to wartość maksymalna spośród wyznaczonych wskaźników (5) i (6):

$$WN = \max(WN_d, WN_{ch}) \quad (7)$$

Skala ryzyka przedstawia się następująco:

- ryzyko nieakceptowalne $WN > 1,0$,
- ryzyko kontrolowane $0,5 \leq WN \leq 1,0$,
- ryzyko tolerowane $WN < 0,5$.

Maksymalny dopuszczalny czas pracy w ciągu zmiany z narażeniem, kiedy stężenie substancji chemicznej nie przekracza wartości dopuszczalnej NDS, wynosi:

$$t_{dop} = \frac{NDS}{S_w} \cdot 8 \cdot 60 [\text{min}] \quad (8)$$

6. Podsumowanie

W pracy przedstawiono wskaźniki opisujące narażenie zawodowe pracowników systemów zaopatrzenia w wodę wynikające ze stosowania środków chemicznych w procesie uzdatniania wody. Zdefiniowano podstawowe wskaźniki ryzyka zdrowotnego dotyczącego narażenia na substancje chemiczne. Zaproponowano metodę szacowania ryzyka zdrowotnego opartą na wskaźniku narażenia ogólnego WN , będącym wartością maksymalną wskaźnika narażenia chwilowego WN_{ch} oraz wskaźnika narażenia dobowego WN_d . Zaproponowana metoda może znaleźć zastosowanie w ocenie ryzyka w systemach istniejących i w konsekwencji może stać się elementem zarządzania ryzykiem w tych systemach technicznych.

Literatura

1. Hołtyn A., Krause M.: Analiza stanu bezpieczeństwa i higieny pracy w przedsiębiorstwie wodociągów i kanalizacji – analiza wymagań i propozycji wytycznych. Forum Eksploatatora, nr 1, 2008.
2. Borysiewicz M., Furtek A., Potemkis S.: Poradnik metod oceny ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi. Wydawn. Instytutu Energii Atomowej, Świerk 2000.
3. Rak J.R.: Podstawy bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w wodę. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, nr 28, 2005.
4. Rak J.R., Tchórzewska-Cieślak B.: Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005.
5. Zawierska W.: Ocena ryzyka zdrowotnego. Podstawy metodyczne, t. 1. Wydawn. CIOP-PIB, Warszawa 2004.

OCCUPATIONAL RISK OF USING CHEMICALS IN WATER SUPPLY SYSTEMS

Summary

The paper contains occupational risk of using chemicals in water supply systems' operation. It becomes mainly because of chemicals used in water treatment process. Present polish legislation and basic definitions concerning using chemicals in water supply systems were shown. Risk indexes were presented. The paper shows occupational risk assessment method based on general

endager index WN which is a maximum value of temporary endager index WN_{ch} and daily endager index WN_d . Presented risk assessment method can be used for occupational risk estimation and furthermore for occupational risk management in water supply systems.

Złożono w Oficynie Wydawniczej we wrześniu 2010 r.