

dr hab. inż. WŁODZIMIERZ ROSOCHACKI, prof. ZUT

Wydział Techniki Morskiej i Transportu
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr SŁAWOMIR PIJANOWSKI

Stowarzyszenie Zarządzania Ryzykiem POLRISK, Warszawa
Międzynarodowy Komitetu Projektowy ISO/PC 262

Unormowania podstawowych pojęć z zakresu analizy bezpieczeństwa maszyn

W artykule przedstawiono charakterystykę wybranych pojęć stosowanych w analizach bezpieczeństwa maszyn na tle przedmiotowych norm oraz innych publikacji z tego obszaru. Analizie poddano znaczenie takich pojęć, jak szkoda oraz zagrożenie. Wskazano na istniejącą niejednoznaczność niektórych terminów stosowanych w ocenie ryzyka maszyn. Zgłoszono postulat podjęcia niezbędnych prac zmierzających do sprecyzowania definicji pojęć obejmujących problematykę oceny bezpieczeństwa maszyn i przyjęcia wspólnej podstawowej terminologii.

Standardization of basic concepts in analysing machinery safety

This article characterizes selected concepts used in analysing machinery safety in the context of the relevant standards and other publications in this field. It analyses such concepts as damage and threat. The article shows that some terms used in risk assessment of machinery are ambiguous. It is necessary to define concepts in the field of assessing machinery safety and to adopt common terminology.

Wstęp

Efektywne kształtowanie bezpieczeństwa eksploatacji maszyn, wraz z procesem zarządzania ryzykiem, wymaga zazwyczaj współpracy wielu osób, często reprezentujących różne obszary wiedzy i umiejętności. Z oczywistych więc względów pożądane jest, aby obszar pojęć związanych z bezpieczeństwem i ryzykiem był dla wszystkich biorących w nich udział zrozumiały, a poszczególne sformułowania czytelne. Istotą takiego postulatu jest dążenie do uniknięcia nieporozumień i związanych z nim błędów.

Szczególne znaczenie w badaniach bezpieczeństwa maszyn należy przypisać analizie ryzyka. Jej podstawowym celem jest uzyskanie odpowiedzi na kilka kluczowych pytań, dotyczących m.in. rodzaju zagrożeń mogących towarzyszyć eksploatacji maszyny, czynników mogących inicjować procesy prowadzące do szkód, zmian i efektów towarzyszących tym procesom, oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia określonych szkód czy potencjalnych sposobów ich ograniczenia.

Jak wskazuje się w wielu publikacjach [1, 2, 8, 10, 12], poprawne przeprowadzenie analizy ryzyka wymaga we wstępnej jej fazie – poza zdefiniowaniem badanego systemu – precyzyjnego określenia podmiotu, który to ryzyko ponosi. Wiąże się to również ze sprecyzowaniem charakteru rozpatrywanych szkód i implikujących je zagrożeń. Oba przytoczone wyżej pojęcia, tj. szkoda i zagrożenie mają więc fundamentalne znaczenie z punktu widzenia uzyskiwanych w takich analizach wyników.

W dalszej części tekstu pojęcia te zostaną przedyskutowane na tle trzech podstawowych, zdaniem autorów, unormowań z zakresu bezpieczeństwa i ryzyka. Są nimi normy: PN-IEC 60300-3-9 (dotycząca problematyki analizy ryzyka w systemach technicznych), [2], PN-EN ISO 12100 (obejmująca obszar zagadnień związanych z bezpieczeństwem maszyn), [3] oraz PN-N 18002 [4], (określająca wytyczne do oceny ryzyka zawodowego). Jako pierwsze omówiono pojęcie szkody, ze względu na fakt, że stanowi ono istotne odniesienie w przytoczonych tu definicjach zagrożenia. W artykule

wskazano również na chaos terminologiczny w odniesieniu do omawianego obszaru pojęć.

Szkoda

Pierwszym z wymienionych we wstępie pojęć, istotnych z punktu widzenia poprawności rezultatów analizy ryzyka, jest „szkoda” (ang. *harm*). W normie dotyczącej bezpieczeństwa maszyn [3] jest ono definiowane jako „uraz fizyczny lub uszczerbek na zdrowiu” (ang. *physical injury or damage to health*). Tak sformułowana definicja nie budzi wątpliwości i wskazuje jednocześnie, że ocena ryzyka eksploatacji maszyny powinna obejmować analizę tych zdarzeń, których konsekwencje są groźne dla zdrowia i życia ludzkiego. Podejście takie nie obejmuje więc szkód materialnych ani negatywnego oddziaływania na środowisko, a zatem jest kontynuacją stanowiska przyjętego w nieaktualnej już PN-EN ISO 14121-1 [5].

Na tym tle warto jednak zauważyć, że w PN-EN 1050 [6], poprzedzającej unormowania z lat 2008 i 2011 [3, 5], a dotyczącej bezpieczeństwa maszyn i określającej zasady oceny

Fot. Ove Topfer/Stock.XCHNG



ryzyka, pod pojęciem „szkody”, poza fizycznym urazem lub utratą zdrowia, rozumiano również utratę majątku. Istotne jest, że podobne podejście przyjęto także w nadal aktualnej normie dotyczącej analizy ryzyka w systemach technicznych [2]. Przywołane w niej pojęcie „szkody” obejmuje, poza uszczerbkami na zdrowiu, również uszkodzenie mienia oraz degradację środowiska. W trzecim z analizowanych tu dokumentów – PN-N-18002 [4] – szkody nie określa się w sposób dosłowny. Można jednak wywieść z definicji ryzyka zawodowego, że jest ona utożsamiana z pojęciem straty, do której zalicza się w szczególności pojawienie się u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych w wyniku zagrożeń zawodowych, występujących w środowisku pracy, lub sposobu wykonywania pracy.

W uzupełnieniu zagadnienia definiowania na potrzeby analizy bezpieczeństwa maszyn pojęcia szkody można przytoczyć postanowienia np. PN-EN 378-1+A1 [7], dotyczącej instalacji ziębniczych i pomp ciepła w zakresie obejmującym m.in. wymagania dotyczące bezpieczeństwa. W dokumencie tym nie przywołuje się definicji szkody w sposób bezpośredni – formułuje się jednak w nim m.in. wymaganie, aby instalacje ziębnicze i ich części składowe projektować i wykonywać z zamiarem wyeliminowania możliwych zagrożeń osób, mienia i środowiska naturalnego.

Zagrożenie

Zagrożenie, jak już wspomniano, należy do podstawowych pojęć używanych powszechnie w praktyce działań na rzecz bezpieczeństwa [8]. Istotne jest, aby było ono pojmowane poprawnie i w efekcie identycznie rozumiane nie tylko przez wszystkie osoby

zaangażowane w działania na rzecz modelowania, oceny i kształtowania bezpieczeństwa, ale również chociażby przez grupy społeczne narażone na negatywne skutki zagrożeń związanych z eksploatacją obiektów technicznych. Niestety, analiza publikacji naukowych, naukowo-technicznych czy unormowań z zakresu bezpieczeństwa oraz oceny ryzyka wskazuje, że znaczenie tego pojęcia używanego przez różne grupy zawodowe nie zawsze się pokrywa, a wręcz różni się w sposób istotny [8]. W podstawowym dla opracowań w zakresie oceny bezpieczeństwa maszyn dokumencie, jakim jest PN-EN ISO 12100 [3], zagrożenie definiowane jest jako „potencjalne źródło szkody” (ang. *potential source of harm*), przy czym za szkodę, jak już wspomniano, przyjmuje się uraz fizyczny lub uszczerbek na zdrowiu. Zagrożenia klasyfikowane są z punktu widzenia ich pochodzenia lub z punktu widzenia natury potencjalnych szkód. W pierwszym przypadku norma przywołuje zagrożenia mechaniczne, elektryczne, termiczne, ergonomiczne, materiałowe (powiązane z własnościami materiałów i substancji), zagrożenia hałasem, drganiami, promieniowaniem oraz zagrożenia generowane przez otoczenie, w którym maszyna jest eksploatowana. W drugim – wyróżnia się np. zagrożenia toksyczne, pożarowe, porażeniem elektrycznym czy cięciem.

W PN-IEC 60300-3-9 [2] zagrożenie definiowane jest natomiast jako „źródło potencjalnej szkody lub okoliczności potencjalnie szkodliwe”. Jest to więc ujęcie nieco szersze w porównaniu z przedstawianym w PN-EN ISO 12100 [3]. Pierwsza z tych norm przedstawia również propozycję pogrupowania zagrożeń w 4 kategorie: naturalnych (powódzie, trzęsienia ziemi, tornada itd.), technicznych (urządzenia przemysłowe, systemy transportowe, farmaceutyki itd.), społecznych oraz wynikających ze stylu życia.

W PN-N-18002 [4] pod pojęciem zagrożenia rozumie się „stan środowiska pracy mogący spowodować wypadek lub chorobę”. Wskazuje się, że istotne z punktu widzenia eliminacji lub ograniczenia tzw. ryzyka zawodowego jest likwidowanie zagrożeń u źródeł ich powstawania. Niestety, w normie tej nie podano przykładów typowych zagrożeń, co mogłoby ułatwić prawidłową interpretację przytoczonej wcześniej definicji. Z punktu widzenia analizowanej problematyki zwraca uwagę również fakt, że wzmiankowana tu norma z kwietnia 2011 r. odwołuje się do nieaktualnej już normy z 2008 r. [5].

W uzupełnieniu przytoczonych sformułowań warto przykładowo przytoczyć ujęcie problematyki zagrożenia w PN-EN 378-1+A1 [7]. W dokumencie tym wprawdzie nie przywołuje się bezpośrednio definicji zagrożenia, określa się natomiast jego zakres. Wyróżnia się w niej na przykład „zagrożenia od nad-

miernego ciśnienia”, a poprawnie – stosownie do PN-EN ISO 12100 [3] – zagrożenie stanowi wysokie ciśnienie (typowe dla części instalacji). Porównanie innych przykładów zagrożeń przywołanych w obu wymienionych normach potwierdza wcześniejszą konstatację, że nawet tak fundamentalne dla oceny ryzyka maszyny pojęcie, jakim jest zagrożenie, bywa używane nieprecyzyjnie.

W każdym z przedstawionych unormowań zagrożenie powiązane jest z pojęciem szkody. Niezależnie więc od różnic w samych definicjach zagrożenia, elementem mogącym istotnie różnicować analizowane zbiory zagrożeń jest charakter rozpatrywanych szkód.

Chaos terminologiczny

Mając m.in. na uwadze przytoczone przykłady należy stwierdzić, że uporządkowanie i doprecyzowanie pojęć związanych z obszarem bezpieczeństwa jest nakazem chwili. Potwierdzeniem, że w tym zakresie mamy do czynienia wręcz z chaosem terminologicznym, może być poniższy zbiór określeń wykorzystanych w fundamentalnej dla omawianej problematyki normie [2]:

- zdefiniowane w normie: *szkoda, zagrożenie, zdarzenie niebezpieczne*
- niezdefiniowane w normie: *konsekwencja, szkodliwa konsekwencja, konsekwencja zrealizowana zagrożenia, powaga konsekwencji, prawdopodobieństwo zagrożenia wywołującego określone konsekwencje, potencjalne zagrożenie, okoliczność, która jest potencjalnym zagrożeniem, typ zagrożenia, przyczyna zagrożenia, zidentyfikowanie rodzaju zagrożenia wraz ze sposobem, w który może się ono urzeczywistnić, wypadek, potencjalny wypadek, następstwa wypadku, potencjalna waga, kategoria wagi następstw, zdarzenie niepożądane, zdarzenie inicjujące, zdarzenie zagrażające, niepożądany rezultat.*

Podstawę do sformułowania postulatów uporządkowania pojęć stanowią również wyniki analiz wielu publikacji naukowych z zakresu niezawodności, bezpieczeństwa i ryzyka.

I tak, przykładowo, w pracy opublikowanej w „Zeszytach Naukowych AMW” [9] przytacza się interpretację pojęcia zagrożenia w odniesieniu do bezpieczeństwa morskiego.

Zagrożenie definiowane jest tu jako „potencjalna sytuacja zagrażająca życiu ludzkiemu, zdrowiu, mieniu oraz środowisku morskiemu”, a miarą jego poziomu jest ryzyko. Na bazie Wytycznych Formalnej Oceny Bezpieczeństwa (FSA) mówi się tu o „wielkości” zagrożenia czy o rodzajach i „przyczynach” zagrożeń. Warto zauważyć, że we wspomnianej publikacji za zagrożenie uważa się np. kolizję czy wejście na mieliznę (a przecież są to typowe nazwy wypadków raportowanych w tablicach statystycznych).

Ważną publikacją z zakresu bezpieczeństwa morskiego jest również praca A. Brandowskiego [10], w której pod pojęciem zagrożenia rozumie się „potencjał zagrażający życiu i zdrowiu ludzkiemu, własności lub środowisku”. Szkoda nie jest definiowana *explicite*, a odniesienie do niej można odnaleźć w przytaczanej w pracy definicji wypadku, za który uważa się „niezamierzone zdarzenie pociągające za sobą zgony, obrażenia ciała, stratę statku lub jego uszkodzenie, utratę lub uszkodzenie innej własności lub uszkodzenie środowiska”. W innej pracy poświęconej wybranym zagadnieniom eksploatacji statków morskich w aspekcie bezpieczeństwa mówi się o zdarzeniach zagrażających statkowi [11]. Zalicza się do nich m.in. uszkodzenia silników głównych. W tym kontekście pojawia się również sformułowanie „poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa statku”, czy „sytuacja zagrażająca bezpieczeństwu statku”. Jednocześnie przytacza się postulaty odpowiednich reakcji na „zagrożenia, wypadki i sytuacje awaryjne w jakich mogą znaleźć się statki”.

W pracy W. Pihowicza [13] poświęconej problematyce inżynierii bezpieczeństwa przedstawiono teorię „zagrożenia technicznego i bezpieczeństwa technicznego”. W proponowanym tam ujęciu jako zagrożenie techniczne rozumie się „stan rzeczy określony jednoznacznie przez uśrednioną czasowo wartość oczekiwaną całkowitego negatywnego oddziaływania obiektu technicznego lub grupy tych obiektów na otoczenie (człowiek, środowisko, dobra cywilizacji”, przy czym rozpatrywanie negatywnego oddziaływania grupy obiektów ma sens wówczas, gdy w strefie negatywnego oddziaływania danego obiektu technicznego mogą też ujemnie oddziaływać inne obiekty. Wynsuwa się także wniosek, że zagrożenie techniczne, powodowane każdą dowolną częścią składową obiektu technicznego jest z reguły rezultatem zagrożenia technicznego, generowanego przez cały obiekt techniczny. W pracy tej zagrożenia w rozumieniu PN-EN ISO 12100 [3] utożsamia się z tzw. „nośnikami negatywnego (lub niszczącego) działania”, do których zalicza się energię oraz substancje szkodliwe. Ich rozprzestrzenienie się w otoczeniu obiektu technicznego, a następnie przekształcenie w bezpośrednie przyczyny powstawania szkód (przede wszystkim związane z destrukcyjnym działaniem sił mechanicznych, strumieni cieplnych, prądów elektrycznych, promieniowania jądrowego i substancji toksycznych) skutkuje negatywnym oddziaływaniem na „podmioty zniszczeń” (ludzi, środowisko naturalne, twory cywilizacji i dobra materialne). To negatywne oddziaływanie prowadzi do generowania określonych szkód.

We wspomnianej teorii wprowadzono także pojęcie tzw. charakterystyki szkodowej, tj. naturalnego występowania określonej liczby

podmiotów zniszczeń na danym obszarze, narażonym na negatywne oddziaływanie obiektu technicznego. Warto tu podkreślić, że wg W. Pihowicza obiekty techniczne mogą tylko wtedy negatywnie oddziaływać na podmioty zniszczeń, gdy będą w nich zgromadzone w odpowiedniej ilości wspomniane nośniki oraz gdy zaistnieje sytuacja, w której wydziela się one z obiektów, rozprzestrzenia i dotrą do podmiotów zniszczeń, transformując się jednocześnie w bezpośrednie przyczyny powstawania potencjalnych szkód. Na marginesie warto zauważyć, że zdaniem autora cytowanej tu teorii wydzielenie nośników może mieć miejsce tylko podczas „katastrofy”.

Na tle analizowanych sformułowań charakterystycznych dla analiz ryzyka systemów technicznych warto wspomnieć o podejściu prezentowanym w odniesieniu do ryzyka systemów informatycznych w PN-EN ISO 13335-1 [14]. Zakłada się tu, że systemy takie posiadają tzw. zasoby podatne na zagrożenia, pochodzące zarówno z zewnątrz, jak i z wewnątrz tegoż systemu. Zasoby takie charakteryzują się pewnymi słabościami, które mogą zostać wykorzystane przez zagrożenie, przy czym prawdopodobieństwo takiego wykorzystania nazwano ryzykiem [13]. Norma ta daje również podstawę do przyjęcia, że zagrożeniem jest potencjalna przyczyna wystąpienia incydentu, tj. niepożądanego zdarzenia, przy czym zdarzeniem jest materializacja zagrożenia.

Problematyka dbałości o terminologię związaną z analizą bezpieczeństwa jest tematem wielu prac [8, 12]. W publikacji T. Szopy przedstawiono zasługującą na uwagę autorską definicję zagrożenia [8]. I tak według niej „zagrożenie jest to możliwość powstawania określonych strat, ustalana dla sytuacji powstałej po zajściu pojedynczego zdarzenia niepożądanego w rozpatrywanym systemie człowiek – technika – środowisko”. W pracy „Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu” wskazuje się na istotne różnice w terminologii z zakresu bezpieczeństwa transportu w zależności od jego rodzaju [12]. Jednak i w tej publikacji, fundamentalnej dla podjętej w niej tematyki, pojawiają się sformułowania prowokujące – na tle normy [2] – dyskusję. Mówi się tu m.in. o zagrożeniach spowodowanych możliwością wypadnięcia pojazdu z drogi czy zderzenia czołowego. Takie podejście do zagrożenia wydaje się bliskie zaprezentowanemu przez T. Szopę [8].

W innych publikacjach pod pojęciem zagrożenia rozumie się też np. źródło niebezpieczeństwa, zdarzenie niebezpieczne, sytuację, lub działanie, które mogą prowadzić do strat, czy wręcz niebezpieczeństwo lub ryzyko [8].

Podsumowanie

Widoczne jest, że – tak istotne dla rezultatów badań bezpieczeństwa – pojęcia „szkoda” i „zagrożenie” bywają używane w różnych znaczeniach. Wniosek taki dotyczy nie tylko języka zawodowego, ale również wykorzystywanego w publikacjach naukowych [8] czy, jak wskazano wcześniej, w normach z zakresu oceny bezpieczeństwa i ryzyka maszyn i systemów technicznych. Należy mieć jednak na uwadze, że podstawowym zadaniem norm jest wspieranie realizacji określonych aktów prawnych. Norma [3] jest zharmonizowana z dyrektywą maszynową 2006/42/WE (w której pod terminem zagrożenie rozumie się potencjalne źródło obrażeń lub uszczerbku na zdrowiu), a norma [4] wspiera realizację postanowień, przede wszystkim Kodeksu pracy. Ponieważ powyższe akty prawne dotyczą bezpieczeństwa i ochrony zdrowia ludzi, uwzględniają tylko ryzyko związane z zagrożeniami dla ludzi.

Na tle przytoczonych przykładów autorzy postulują podjęcie skutecznych działań na rzecz sprecyzowania terminów związanych z problematyką oceny bezpieczeństwa maszyn i przyjęcia wspólnej podstawowej terminologii w celu wyeliminowania istniejącego obecnie chaosu pojęciowego.

PIŚMIENNICTWO

- [1] C. Guedes Soares et al: *Risk and Reliability in Marine Technology*, A.A. Balkema, Rotterdam 1998
- [2] PN-IEC 60300-3-9 (1999): *Zarządzanie niezawodnością. Przewodnik zastosowań. Analiza ryzyka w systemach technicznych*
- [3] PN-EN ISO 12100 (2011): *Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania- Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka*
- [4] PN-N-18002 (2011): *Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy – Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego*
- [5] PN-EN ISO 14121-1 (2008): *Bezpieczeństwo maszyn. Ocena ryzyka. Część 1: Zasady*
- [6] PN-EN 1050 (1999): *Maszyny. Bezpieczeństwo. Zasady oceny ryzyka*
- [7] PN-EN 378-1+A1 (2011): *Instalacje ziemnicze i pompy ciepła – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska – Część 1. Wymagania podstawowe, definicje, klasyfikacja i kryteria wyboru*
- [8] T. Szopa *Niezawodność i bezpieczeństwo*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009
- [9] Z. Kopacz, W. Morgaś, J. Urbański *Próba przedstawienia zasad stosowania Formalnej Oceny Bezpieczeństwa Morskiego (FSA)*. Zeszyty Naukowe AMW, rok XLVII, nr 4 (167), Gdynia 2006
- [10] A. Brandowski *Metodyka Formalnej Oceny Bezpieczeństwa Żeglugi (FSA)*. PRS, Gdańsk 1998
- [11] J. Gitler, S. Kuszmidler, L. Plewiński *Wybrane zagadnienia eksploatacji statków morskich w aspekcie bezpieczeństwa żeglugi*. WSM, Szczecin 2003
- [12] R. Krystek i in. *Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu. T. I, II, III*, WKiŁ, Warszawa 2009-2010
- [13] W. Pihowicz *Inżynieria bezpieczeństwa technicznego*. WNT, Warszawa 2008
- [14] PN-1 13335-1 (1999) *Technika informatyczna – Wytyczne do zarządzania bezpieczeństwem systemów informatycznych – Pojęcia i modele bezpieczeństwa systemów informatycznych*