

Bezpieczeństwo maszyn (cz. I)

Bogdan Żółtowski

...czego nie wiem, o to mnie głowa nie boli...

1. Uwarunkowania prawne bezpieczeństwa maszyn

Na etapie eksploatacji koncepcja zapewnienia bezpieczeństwa maszyn realizowana jest poprzez przestrzeganie minimalnych wymagań dotyczących użytkowania i obsługi maszyn wg wskazań producenta, podejmowania przez eksploatatorów dodatkowych technicznych i organizacyjnych środków bezpieczeństwa adekwatnie do warunków pracy maszyn, utrzymania poziomu bezpieczeństwa maszyn wprowadzonych na stanowisko pracy poprzez zapewnienie ich kontroli przewidzianych w dyrektywach społecznych, udziału operatorów maszyn w działaniach dotyczących zmniejszania ryzyka zawodowego oraz przekazywania przez eksploatatorów producentom maszyn informacji o nieprawidłowościach ujawnionych w trakcie eksploatacji ich wyrobów [40].

Stosowanie triady bezpieczeństwa (rys. 1) w celu ograniczenia poziomu ryzyka w procesie projektowania maszyn, jak również ocenianie zgodności maszyn z wymaganiami zasadniczymi wg procedur ustalonych z uwzględnieniem stwarzanych zagrożeń i związanego z nimi ryzyka i znakowanie wyrobów spełniających wymagania dyrektyw znakiem CE [5] – to warunkowe minimum kształtowanego bezpieczeństwa maszyn.

Zasady powyższe wdrożono odpowiednimi przepisami prawnymi obligującymi do właściwej budowy oraz właściwej eksploatacji maszyn i urządzeń technicznych.

Zapewnienie bezpieczeństwa oraz stworzenie warunków do tworzenia wymaganego przepisami prawnymi poziomu bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia jest zadaniem wszystkich stron uczestniczących w procesie pracy (art. 207, 211, 212, 215 i 217 Kodeksu pracy [28]).



Rys. 1. Triada bezpieczeństwa

Streszczenie: Wybrane zagadnienia wykrywania i nadzorowania zmian stanu obiektów w systemie eksploatacji to zadania główne stosowane w obszarze kształtowania bezpieczeństwa zadaniowego obiektów technicznych. Umożliwiają one nadzorowanie zmian stanu degradacji maszyn, lokalizacji uszkodzeń i minimalizacji skutków uszkodzeń i zagrożeń bezpieczeństwa.

Osiągnięcie pełnego stanu bezpieczeństwa w eksploatacji maszyn nie jest możliwe, o czym świadczyć mogą dane statystyczne, z których wynika, że ponad 70% wypadków przy pracy jest związanych z maszynami. Projektanci i producenci, wytwarzając wyroby o zróżnicowanym poziomie bezpieczeństwa, rozpoznają szczegółowo wszelkie zagrożenia związane z maszyną, wyznaczając dopuszczalny poziom ryzyka.

Słowa kluczowe: ryzyko, bezpieczeństwo, projektowanie, zagrożenia, ochrona.

Wszystkie osoby uczestniczące w konstruowaniu, produkcji oraz eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych ponoszą odpowiedzialność za niedopełnienie obowiązków związanych z ich konstruowaniem, produkowaniem oraz eksploataowaniem.

Pracodawca jest zobowiązany stosować rozwiązania mające na celu zminimalizowanie ryzyka związanego z eksploatacją maszyn.

Zadaniem pracodawcy jest podjęcie działań mających na celu zapewnienie, że maszyny udostępnione pracownikom na terenie zakładu pracy lub w miejscu wyznaczonym przez pracodawcę są właściwe do wykonywania pracy lub odpowiednio przystosowane do jej wykonywania oraz mogą być eksploatowane bez pogorszenia bezpieczeństwa lub zdrowia pracowników. Dokonując wyboru maszyny, pracodawca powinien brać pod uwagę specyficzne warunki i rodzaj wykonywanej pracy, a także istniejące w zakładzie pracy lub w miejscu pracy zagrożenia istotne dla bezpieczeństwa i zdrowia pracowników, w szczególności zagrożenia występujące na stanowisku pracy.

Od 1 maja 2004 roku wraz z wejściem Polski w strukturę Unii Europejskiej zaczęło obowiązywać w pełni prawo UE. Zgodnie z traktatem akcesyjnym Polska zobowiązana została do wprowadzenia do prawa wewnętrznego europejskiego dorobku legislacyjnego, zachowując zasadę niedopuszczalności ograniczania krajowego dorobku z zakresu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zatrudnionych.

Tabela 1. Dyrektywy Unii Europejskiej bezpośrednio i pośrednio wdrożone do prawodawstwa polskiego (opracowanie własne na podstawie [10, 15, 40])

Lp.	Dyrektywa			Polski odpowiednik prawny
	Numer	Symbol	Tytuł	
1	2006/42/WE	MD	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE i zastępująca dyrektywę 98/37/WE	Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2010 r. nr 138, poz. 935) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz. U. nr 199, poz. 1228 z późn. zm.)
2	89/391/EWG		Dyrektywa Rady z dnia 12 maja 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia w miejscu pracy	Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz. U. z 1998 r. nr 21, poz. 94 z późn. zm.) Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z 2003 r. nr 169, poz. 1650 z późn. zm.)
3	2009/104/WE		Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 września 2009 r. dotycząca minimalnych wymagań w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny użytkowania sprzętu roboczego przez pracowników podczas pracy	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (Dz. U. nr 191, poz. 1596 z późn. zm.) Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 30 września 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (Dz. U. nr 178, poz. 1745)
4	2004/108/WE	EMC	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 grudnia 2004 r. odnosząca się do kompatybilności elektromagnetycznej	Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o kompatybilności elektromagnetycznej (Dz. U. nr 82, poz. 556 z późn. zm.)
5	2009/105/WE	SPV	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 września 2009 r. odnosząca się do prostych zbiorników ciśnieniowych	Akty uchylone, które zastąpił wskazany dokument: Dz.U. 2003 nr 98 poz. 898 Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 maja 2003 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla prostych zbiorników ciśnieniowych Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla prostych zbiorników ciśnieniowych (Dz. U. nr 259, poz. 2171)
6	94/9/WE	ATEX	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 marca 1994 r. dotycząca urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dz. U. nr 263 poz. 2203)
7	2000/14/WE	NOISA	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 8 maja 2000 r. o zbliżeniu przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących emisji hałasu do otoczenia przez urządzenia używane na zewnątrz pomieszczeń	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń używanych na zewnątrz pomieszczeń w zakresie emisji hałasu do środowiska (Dz. U. nr 263 poz. 2202 z późn. zm.)
8	95/16/WE	LIFTS	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 czerwca 1995 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich dotyczących dźwigów	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla dźwigów i ich elementów bezpieczeństwa (Dz. U. nr 263, poz. 2198 z późn. zm.)

Wdrażanie europejskiej koncepcji bezpieczeństwa maszyn realizowane jest przez dyrektywy UE, czyli akty prawne Unii skierowane do wszystkich państw członkowskich, nakładające na nie obowiązek wydania własnych przepisów wprowadzających w życie treść dyrektywy, przy czym forma krajowych przepisów wprowadzających dyrektywę jest dowolna (dotychczasowe przepisy krajowe sprzeczne z dyrektywą muszą być wycofane), ale jednocześnie powstające przepisy krajowe dotyczące ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, zapewniające ochronę przed zagrożeniami związanymi z eksploatacją maszyn i urządzeń technicznych powinny być zbliżone do obowiązujących w UE celem zagwarantowania swobodnego przepływu towarów na rynku maszyn, bez obniżania istniejących, uzasadnionych poziomów ochrony. Dyrektywy podzielić można na dwa podstawowe rodzaje. Pierwszy rodzaj stanowią dyrektywy nowego i globalnego podejścia dotyczące projektowania, budowy i wprowadzania na rynek wyrobów, wydawane w celu zapew-

nienia możliwie najwyższego poziomu ich bezpieczeństwa. Ich przepisy dotyczą projektantów i konstruktorów oraz producentów tych wyrobów. Tylko wyroby spełniające wymagania ujęte w tych dyrektywach mają zapewniony swobodny przepływ w Europejskim Obszarze Gospodarczym (EOG), który tworzą państwa członkowie Unii Europejskiej oraz Islandia, Lichtenstein i Norwegia – członkowie EFTA, sygnatariusze umowy EOG – oraz w Szwajcarii (umowa dwustronna z UE).

Drugi rodzaj dyrektyw dotyczy pracodawców – są to tzw. dyrektywy socjalne (społeczne), określające minimalne wymagania bhp, jakie powinni oni zapewnić pracownikom podczas pracy.

Podstawową dyrektywą pierwszego rodzaju, dotyczącą zasadniczych wymagań dla maszyn, jest dyrektywa 2006/42/WE nazwana „maszynową” (tabela 1).

Do podstawowych dyrektyw społecznych należy dyrektywa 89/391/EWG, tzw. „ramowa”, i wydane na jej podstawie dyrek-

tywy szczegółowe, w tym dyrektywa 2009/104/WE. Głównym celem dyrektywy 2006/42/WE jest gwarancja przekazania na rynek UE tylko maszyn bezpiecznych poprzez ujednoczenie krajowych przepisów bezpieczeństwa z zakresu projektowania i wytwarzania opartych o wymagania zawarte w dyrektywie.

Dyrektywa stanowi, że maszyna może być umieszczona na rynku, jeśli:

- spełnia zasadnicze wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, tzn. jest bezpieczna sama w sobie;
- przeprowadzona została dla niej, zgodna z dyrektywą, procedura oceny zgodności;
- została wydana deklaracja zgodności (WE) lub deklaracja wytwórcy;
- została właściwie oznakowana znakiem CE.

Spełnienie zasadniczych wymagań dla maszyn wymaga uwzględnienia w projektowaniu takich kwestii, jak zapewnienie eliminacji lub ograniczenie zagrożeń mechanicznych, elektrycznych, termicznych i innych wyzwalanych w eksploatacji maszyn, zastosowanie zasad ergonomii, przystosowanie maszyn nie tylko do bezpiecznego użytkowania, ale również obsługiwanie. Poszukiwania rozwiązań technicznych ograniczających hałas i drgania w czasie pracy maszyny, wyzwalane promieniowanie, stosowanie zabezpieczeń eliminujących zagrożenia ze strony materiałów i substancji przetwarzanych, zużywanych, produkowanych i usuwanych przez maszyny, zapewnienie niezawodności stosowanego wyposażenia, mechanizacji i automatyzacji załadunku i rozładunku oraz umiejscowienie punktów nastawiania i konserwacji poza strefami niebezpiecznymi i ograniczenia zagrożeń związanych ze środowiskiem, w którym maszyna jest eksploatowana.

W przypadku, gdy zaprojektowana maszyna sama w sobie nie zapewnia uzyskania pełnego bezpieczeństwa, w celu zmniejszenia ryzyka konieczne jest stosowanie osłon i urządzeń ochronnych służących do ochrony osób. Niezbędne może okazać się również zastosowanie uzupełniających środków ochronnych obejmujących dodatkowe wyposażenie chroniące przed częściami ruchomymi oraz ograniczające dostęp do stref zagrożenia. Środki, które można zastosować w fazie projektowania, są uprzywilejowane i, najczęściej, bardziej skuteczne od środków wprowadzonych do stosowania przez eksploatatora [6].

Potwierdzeniem spełnienia zasadniczych wymagań dla maszyn jest przeprowadzenie przez projektanta (producenta) oceny zgodności. Dyrektywa 2006/42/WE przewiduje stosowanie kilku zasadniczo różnych procedur oceny zgodności, przyjmowanych w zależności od stopnia stwarzanych przez maszynę zagrożeń, zakresu zastosowania na etapie projektowania norm zharmonizowanych oraz możliwości zapewnienia przez producenta spełnienia wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa. Normy zharmonizowane z poszczególnymi dyrektywami to techniczne normy europejskie (EN), przyjęte w krajach członkowskich Unii Europejskiej.

Wprowadzono następującą strukturę hierarchiczną norm dotyczących bezpieczeństwa:

- **normy typu A** – podstawowe normy dotyczące bezpieczeństwa, zawierające zasadnicze pojęcia, zasady projektowania i ogólne aspekty bezpieczeństwa stosowane do wszystkich maszyn (np. PN-EN ISO 12100:2011, PN-EN 614-1+A1:2009, PN-EN 614-2+A1:2010, PN-EN 1005-1+A1:2010);
- **normy typu B** – mogą mieć zastosowanie do wielu różnych maszyn, a dotyczą jednego aspektu bezpieczeństwa lub jednego rodzaju urządzeń bezpieczeństwa;

- **normy typu B1** – odnoszą się do poszczególnych aspektów bezpieczeństwa (np. odległości bezpieczeństwa – PN-EN ISO 13857:2010, PN-EN 349+A1:2010, PN-EN ISO 13855:2010, PN-EN ISO 13849-1:2008, PN-EN 547-1+A1:2010, PN-EN ISO 14159:2008, PKN-CENELEC/Guide 29:2008, PN-EN 1265+A1:2009);

- **normy typu B2** – odnoszą się do urządzeń związanych z bezpieczeństwem (np. urządzenia sterowania oburęcznego PN-EN 574+A1:2010, urządzenia blokujące PN-EN 1088+A2:2011, urządzenia czułe na nacisk PN-EN 1760-1+A1:2009, osłony – PN-EN 953+A1:2009);

- **normy typu C** – zawierają szczegółowe wymagania dotyczące bezpieczeństwa dla poszczególnych maszyn lub grup maszyn (np. norma PN-EN 1870-1+A1:2010 dotycząca pilarek tarczowych składa się z 17 części uwzględniających różne rozwiązania konstrukcyjne tych maszyn).

Normy te zawierają konkretne rozwiązania i wymagania techniczne. Wytwórca może skorzystać z domniemania zgodności wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy, jeśli wyrób został wyprodukowany zgodnie z wymaganiami normy zharmonizowanej. Domniemanie zgodności dotyczy tylko tych zasadniczych wymagań, które objęte są daną normą zharmonizowaną. Istotne jest, aby zastosowane normy zharmonizowane objęły wszystkie zasadnicze wymagania, jakie dotyczą danego wyrobu. Zastosowanie norm zharmonizowanych, które dają domniemanie zgodności, jest dobrowolne. Jeśli jednak wytwórca zdecyduje się na niestosowanie norm zharmonizowanych, musi innymi środkami wykazać zgodność wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy.

Maszyny i urządzenia, w zależności od poziomu ryzyka związanego z eksploatacją, podlegać mogą:

- ocenie zgodności połączonej z kontrolą wewnętrzną wytwarzania maszyny;
- badaniu typu wraz z kontrolą wewnętrzną wytwarzania maszyny;
- procedurze pełnego zapewnienia jakości.

Wszystkie stosowane procedury kończą się wystawieniem przez producenta lub dystrybutora Deklaracji Zgodności i oznakowaniem maszyny znakiem CE.

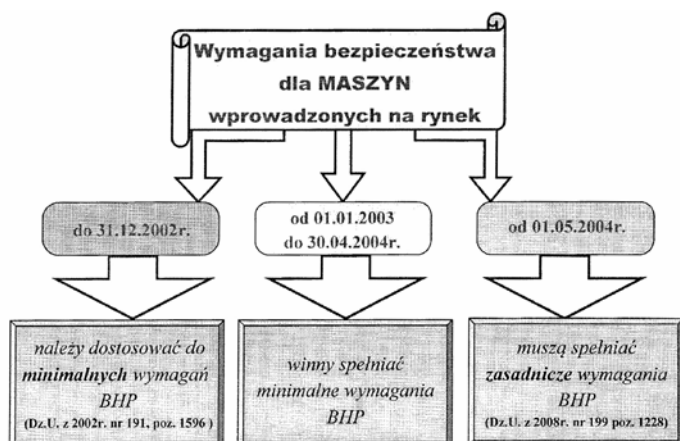
Oznakowanie CE potwierdza przeprowadzenie z wynikiem pozytywnym oceny zgodności, symbolizuje zgodność ze wszystkimi zobowiązaniami spoczywającymi na producentach w odniesieniu do wyrobu, jego projektowania i wytwarzania oraz na mocy dyrektyw wspólnotowych, dotyczących jego umieszczenia na wspólnym rynku. Oznakowanie CE jest jedynym oznakowaniem świadczącym o tym, że wyroby przemysłowe są zgodne z dyrektywami opartymi na zasadach Nowego i Globalnego Podejścia.

Znak CE umieszczony na samym wyrobie lub na tabliczce znamionowej musi znajdować się w widocznym miejscu, być czytelny i nieusuwalny. Jeśli jest to niemożliwe lub nie może być zagwarantowane ze względu na rodzaj wyrobu, oznakowanie CE powinno być umieszczone na opakowaniu (jeżeli takie istnieje) oraz w dołączonych do wyrobu dokumentach (jeżeli odpowiednia dyrektywa wymaga takich dokumentów).

Istotnym elementem wymagań zasadniczych są informacje dotyczące eksploatacji maszyn, a w tym warunki bezpiecznego użytkowania maszyny, zgodnego z przeznaczeniem, z uwzględnieniem wszystkich rodzajów jej pracy. W szczególności eksploatator powinien być poinformowany o istniejącym ryzyku resztkowym i jego wpływie na rzeczywiste bezpieczeństwo

Tabela 2. Główne czynniki zagrożające, występujące w procesie pracy z maszynami (opracowanie własne na podstawie [30])

poruszające się maszyny i mechanizmy (części wirujące, obiegające, przemieszczające się, wykonujące ruchy złożone, będące w poślizgu)	nadciśnienie i podciśnienie, zmiany ciśnienia (sprężone powietrze i gazy techniczne, pary i ciecze pod ciśnieniem)
przemieszczające się wyroby, półwyroby i materiały (wióry, iskry, odpryski, odłamania, pyły, płyny, gazy, pary, dymy, mgły)	reakcje chemiczne wyzwalające (uwalniające) substancje, wyzwalające i (uwalniające) energię (reakcje egzotermiczne)
niedostateczna sygnalizacja (sygnały słabe, zakłócenia, sygnały nierozpoznawalne)	oświetlenie (natężenie, luminancja, olśnienie, kontrast, tętnienie strumienia)
hałas (stały, okresowy, impulsowy)	wibracje (miejscowe, ogólne)
pył przemysłowy, aerozole stałe i ciekłe	pole elektromagnetyczne, pole elektrostatyczne
niebezpieczne powierzchnie (gorące, zimne, ostre krawędzie, naroża, ostrza, szpiczaste występy, wystające elementy, temperatura powierzchni wyposażenia technicznego i materiałów, chropowatości i szerokości wyrobów, urządzeń i narzędzi)	napięcie w obwodzie elektrycznym (napięcie dotyku, pole elektryczne, pole magnetyczne, łuk elektryczny, ładunki elektrostatyczne)
promieniowanie jonizujące (alfa, beta, gamma), promieniowanie laserowe, promieniowanie nadfioletowe, promieniowanie podczerwone, mikrofałe, promieniowanie Roentgena	warunki utrudnione (nieważkość, miejsca sklejanie się, ruchome płaszczyzny, zagrożenia odrzutem, ciasnota)
pożar i wybuchy (układy palne, źródła zapalenia, żar, otwarty płomień, iskry, rozgrzane powierzchnie, mieszaniny wybuchowe, materiały zapalne, nagromadzenie tlenu)	względy osobowe jako czynnik zagrożenia – brak kwalifikacji, umiejętności, doświadczenia, biegłości, nastawienie, motywacja, brak predyspozycji (przydatności) pod względem fizycznym, zdrowotnym, ograniczenia i przeciwwskazania do wykonywania określonej pracy, niewystarczające predyspozycje intelektualne i psychiczne, nadmierne obciążenie psychiczne (zmęczenie psychiczne, monotonia, stres, psychofizyczne przeciążenie, obciążenie umysłu, obciążenie emocjonalne)
niewłaściwe obciążenie fizyczne (brak ruchu, jednostronne obciążenie ciała, nadmierne obciążenie statyczne i dynamiczne)	



Rys. 2. Wymagania bezpieczeństwa dla „starych” i „nowych” maszyn w Polsce

eksploatacji. Informacje dotyczące eksploatacji powinny obejmować: transport, montaż i zainstalowanie, przekazywanie do eksploatacji, użytkowanie (nastawianie, uczenie, programowanie, zmianę procesu), obsługiwanie (czyszczenie, wykrywanie defektów oraz konserwację i naprawy) maszyny oraz, jeżeli to konieczne, wycofanie z eksploatacji, demontaż i złomowanie [6].

Wspomniane wyżej dyrektywy ogólne oraz inne szczegółowe (tabela 1) do polskiego prawnego systemu bezpieczeństwa maszyn i urządzeń technicznych przeniesione zostały m.in. poprzez ustawy [35, 36, 37, 38, 39, 40] i rozporządzenia [31, 32, 33, 34].

Konsekwencją wdrożenia ustawodawstwa Unii Europejskiej do systemu bezpieczeństwa maszyn w Polsce było dokonanie podziału maszyn na tzw. „stare” – wyprodukowane i wprowadzone do eksploatacji w naszym kraju po raz pierwszy przed 1 maja 2004 roku, które winny spełniać minimalne wymagania bezpieczeństwa – oraz maszyny „nowe” – wprowadzone do

eksploatacji po 1 maja 2004 roku, które winny spełniać zasadnicze wymagania bezpieczeństwa (rys. 2).

Uznaje się, że stare maszyny będące w eksploatacji spełniają wymagania minimalne, jeżeli nie przekraczają odpowiedniego, akceptowalnego poziomu ryzyka. Aby to osiągnąć, należało dokonać przeglądu tych maszyn pod kątem spełnienia wymagań technicznych, jak również poprawy metod bezpiecznej pracy.

Jest to możliwe poprzez ograniczenie ekspozycji na zagrożenia środkami organizacyjnymi, podwyższanie kwalifikacji, motywowanie itd., czyli przez organizację i zarządzanie bezpieczeństwem stosownie do specyfiki stanowiska pracy i wykonywanych zadań. Stworzyło to możliwość dalszego eksploataowania starego parku maszynowego, często bez konieczności ich modernizowania i przystosowywania do wymagań aktualnych norm.

2. Metody i środki zapewnienia bezpieczeństwa maszyn

Maszyna wprowadzona do eksploatacji musi spełniać wymagania bezpieczeństwa zgodnie z zapisami prawa. Spełnienie tych wymagań osiąga się z jednej strony przez właściwe, zgodne ze aktualnym stanem wiedzy zaprojektowanie i wytworzenie maszyny, a z drugiej przez zgodną z funkcjami maszyny jej eksploatację. Zarówno producent, jak i eksploatacja powinni dążyć do zapewnienia bezpieczeństwa (tabela 2) na akceptowalnym poziomie. Z tego względu niezbędne jest poznanie zagrożeń (nawet z pozoru nieistotnych lub mało prawdopodobnych) stwarzanych przez pełnione funkcje maszyny (jaka praca, do czego służy, w jakich warunkach – obciążenia, atmosfera itp.).

Jest to ważne, gdyż jak wynika z danych literaturowych [13, 26], aż 40% wypadków w pracy najczęściej zdarza się w czasie obsługi produkcyjnej stacjonarnych maszyn i urządzeń, przy użytkowaniu sprzętu do pracy na wysokości, maszyn i urządzeń mobilnych oraz wyposażenia do podnoszenia ładunków.



Rys. 3. Wybrane sposoby zapobiegania zagrożeniom maszynowym [29, 40]

Omówione wyżej zagrożenia mogą występować zarówno podczas normalnego (ustalonego przez projektanta i/lub producenta) funkcjonowania maszyny, jak i powstawać wskutek zakłóceń powodujących naruszenie normalnych warunków jej funkcjonowania, prowadzących do defektów, uszkodzeń lub awarii i często trudnych do przewidzenia następstw. Na zagrożenia (tabela 2) mają wpływ wzajemne usytuowanie oraz energia strefy oddziaływania danego czynnika w stosunku do strefy pracy człowieka, energia kinetyczna elementów lub maszyn, a także energia potencjalna (siła ciężkości, zakumulowana energia sprężystości elementów sprężystych lub gazów i cieczy pod ciśnieniem lub próżni). Ważne są także: stateczność obiektu technicznego, jego wytrzymałość mechaniczna, rodzaj, kształt, gładkość powierzchni elementów, z którymi może się stykać człowiek (elementy tnące, ostre krawędzie itp.) nawet wówczas, gdy się nie poruszają, położenie względem siebie elementów mogących przy poruszaniu się tworzyć strefy zagrożenia, np. obcinania, wciągania w środowisko pracy.

Zagrożenia ze strony maszyn i ich skutki dla człowieka (zgniecenie, zmiążdżenie, przecięcie lub odcięcie, wplątanie,

wciągnięcie lub pochwylenie, uderzenie, przekłucie lub przecięcie, starcie lub obtarcie, wytrysk cieczy o wysokim ciśnieniu (zagrożenie wytryskiem), a także poślizgnięcia, potknięcia, śmierć) i środowiska stanowią podstawę projektowania i wdrażania środków technicznych, eliminujących lub ograniczających zagrożenia, tak aby maszyny były bezpieczne same z siebie, jak również zapewnione było ich właściwe instalowanie, użytkowanie, obsługiwanie i reutilizacja. Takie podejście do spraw bezpieczeństwa ma na celu zmniejszenie kosztów społecznych dużej liczby wypadków powodowanych bezpośrednio przez eksploatatorów.

Poza wspomnianymi powyżej rozwiązaniami należy wskazać także inne metody ograniczające zagrożenia, polegające na stosowaniu środków ochrony indywidualnej (np. rękawice chroniące przed urazem mechanicznym, odzież ochronna stosowana przy zagrożeniu pochwylenia i wplątania się w ruchome części, niepalna odzież impregnowana, obuwie antyelektrostatyczne, okulary przeciwoodpryskowe, osłony twarzy) oraz odpowiednia wizualizacja informacji o istniejących zagrożeniach (w szczególności w przypadku substancji niebezpiecznych).

Zagrożenia czynnikami maszynowymi, podobnie jak innymi niebezpiecznymi czynnikami, należy eliminować lub ograniczać poprzez eliminowanie czynników lub zmniejszenie ich aktywności oraz ograniczanie ekspozycji osób na czynniki, których nie udało się wyeliminować. Eliminowanie lub ograniczanie aktywności zagrożeń realizowane jest głównie na etapie projektowania poprzez odpowiednią konstrukcję maszyny, wyposażanie ją w odpowiednie środki techniczne bezpieczeństwa, a następnie uzupełnianie jej układem sterowania bezpieczeństwem, który stanowi ochronę dodatkową w sytuacji, gdy dwa opisane wyżej etapy projektowania nie wystarczają do zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa. Ograniczanie ekspozycji na zagrożenia maszynowe realizowane jest natomiast na etapie eksploatacji. Podstawowe możliwości na etapach projektowania i eksploatacji zapobiegania zagrożeniom stwarzanym przez maszyny przedstawiono na rys. 3.

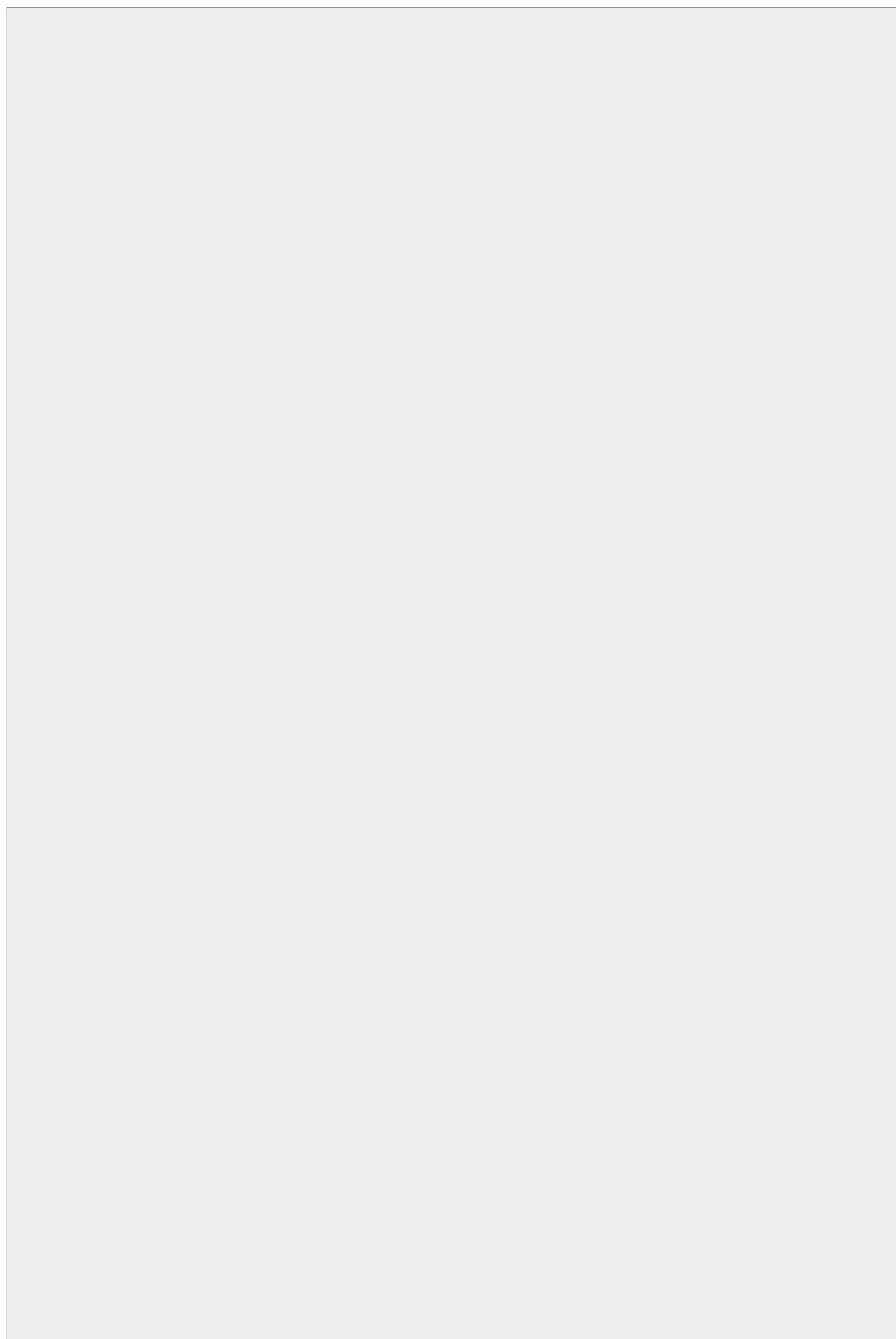
Projektowe ograniczenie aktywności czynników zagrażających sprowadza się, w głównej mierze, do eliminowania czynnika lub utrudniania możliwości powstania sytuacji zagrożenia poprzez dobór kształtów, wymiarów, gładkości powierzchni, parametrów ruchu elementów oraz stworzenia możliwości uwolnienia się człowieka z sytuacji zagrożenia bądź zmniejszenia skutków takich sytuacji. Projektant winien również przewidywać anormalne sytuacje w pracy obiektu technicznego lub zakłócenia wywołane błędem człowieka lub uszkodzeniami, pęknięciami, nadmiernym odkształceniem, obłuzowaniem i innymi naruszeniami konstrukcji maszyn, doprowadzające do ich awarii.

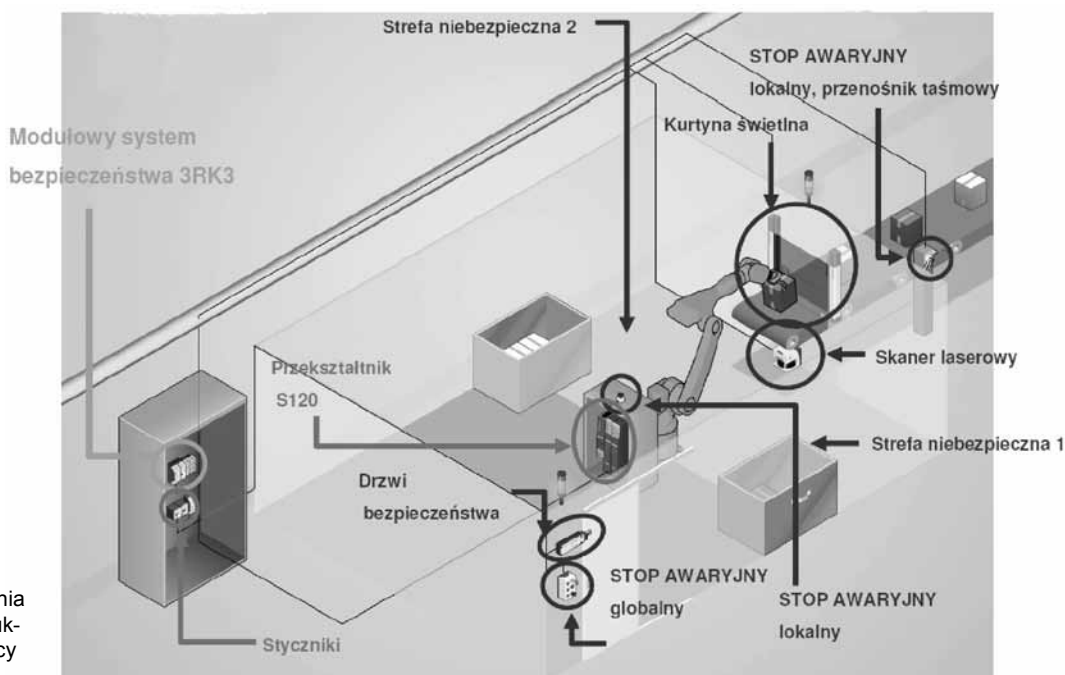
Eksploatacyjne ograniczenie możliwości powstawania zagrożeń polega w głównej mierze na właściwym doborze maszyny do warunków pracy, przestrzeganiu wszelkich zaleceń producenta dotyczących użytkowania i obsługi maszyn, stosowaniu środków ochrony indywidualnej, dopuszczeniu do pracy na maszynach osób o odpowiednich kwalifikacjach (przeszkolonych), właściwej organizacji pracy (zmianowość, przerwy w pracy itp.).

Najskuteczniejszym sposobem eliminowania lub ograniczania ekspozycji na niebezpieczne czynniki jest także jego usytuowanie, aby człowiek, przy pełnej swobodzie ruchów, nie mógł dosięgnąć do strefy zagrożenia lub ruchomy element maszyny nie dosięgał czło-

wieka. Podstawę do ustalania odległości uniemożliwiających dosięgnięcie do strefy zagrożenia, nazywanych odległościami bezpieczeństwa, stanowią wymiary antropometryczne i możliwości ruchowe (np. tułowia, kończyn) ustalone w wyniku badań osób dorosłych i podane w Polskiej Normie. Zgodnie z normą przyjmuje się, że minimalna wysokość, przy której niemożliwe jest dosięgnięcie strefy niebezpiecznej kończynami górnymi przez człowieka stojącego na palcach w obuwiu roboczym (z uwzględnieniem naddatku dla zapewnienia bezpieczeństwa) wynosi 2500 mm – przy małym ryzyku urazu i 2700 mm – przy dużym ryzyku urazu. Wymiary antropometryczne człowieka stanowią także podstawę do ustalania odstępów, których zachowanie zapobiega zgnieceniu poszczególnych części ciała przez dwie zbliżające się do siebie części, czy też dopuszczalne

reklama





Rys. 4. Urządzenia ochronne w redukcji zagrożeń pracy robota [9]

wymiary otworów w osłonach ażurowych uniemożliwiają włożenie palców ręki.

Poza wymienionymi wyżej sposobami eliminowania lub ograniczania zagrożenia czynnikami maszynowymi ważną rolę odgrywają mechanizacja i automatyzacja (roboty, przenośniki, podajniki, manipulatory itp.), stosowanie systemów diagnozowania niesprawności (komputery pokładowe, czujniki, systemy doradcze itp.), bezpieczne dojście (schody, drabiny, klamry, pomosty) i dostęp (otwory) do miejsc obsługi technicznej, stosowanie specjalistycznego wyposażenia do przenoszenia (np. haki, zaczepy, śruby oczkowe, rowki prowadzące dla widel wózków podnośnikowych), stosowanie przez pracowników właściwej odzieży i obuwia roboczego (np. obcisłe kombinezony, zapięte rękawy i nogawki ograniczają pochwylenie), wydłużanie okresów między kolejnymi obsługami technicznymi lub naprawami [29, 40].

Z wielu środków technicznych służących zapobieganiu zagrożeniom powodowanym eksploatacją maszyn istotne znaczenie mają specjalne urządzenia stosowane do ochrony przed zagrożeniami operatora lub innych osób. Urządzenia te są nazywane technicznymi środkami ochronnymi i podzielono je na osłony i urządzenia ochronne.

Osłony i urządzenia ochronne powinny być wytrzymałe i umieszczone w odpowiedniej odległości od strefy niebezpiecznej, nie powinny powodować dodatkowego ryzyka, nie powinny dawać łatwo się obejść lub wyłączyć, nie powinny powodować utrudnienia w obserwacji procesu produkcyjnego, jak również powinny umożliwiać dostęp konieczny do mocowania lub wymiany narzędzi oraz konserwacji.

Podstawowym środkiem technicznym ochrony są osłony, będące materialną przegrodą między człowiekiem a niebezpiecznym czynnikiem mechanicznym, mające na celu zapewnienie ochrony człowieka. Do osłon zaliczyć można obudowy, ekrany, pokrywy, ogrodzenia itp. Ogólnie osłony dzieli się na stałe i ruchome, pełne lub ażurowe, regulowane lub nie, samoczynne, sterujące, nastawne, blokujące, blokujące z urządzeniem ryglującym, całkowite lub częściowe itp. Za osłony stałe należy

uważać takie konstrukcje, które nie zostały zaprojektowane w sposób pozwalający na zmianę ich położenia, bez jednoczesnej zmiany położenia całej maszyny. Osłony stałe powinny być albo przyspawane do konstrukcji, albo możliwe do usunięcia tylko z użyciem narzędzi.

W miejscach, gdzie w czasie pracy konieczne jest okresowe uzyskiwanie dostępu do stref niebezpiecznych maszyny, stosuje się osłony ruchome. Osłony te pozwalają na zmianę ich położenia względem korpusu maszyny. Jak pokazano na rys. 4, stosowane są osłony ruchome różnych rodzajów. Mogą występować również ruchy kombinowane osłon.

Urządzenia ochronne są to wszelkie urządzenia, które nie stanowią materialnej przegrody między człowiekiem a niebezpiecznym czynnikiem mechanicznym. Podczas normalnego funkcjonowania maszyny uniemożliwiają one uaktywnienie czynnika mechanicznego wówczas, gdy człowiek lub część jego ciała znajduje się w strefie niebezpiecznej, lub uniemożliwiają wtargnięcie do tej strefy w czasie działania tego czynnika.

Odległość między takim urządzeniem ochronnym a granicą strefy niebezpiecznej powinna być taka, aby czas wniknięcia części ciała do tej strefy był dłuższy od czasu, który upłynie od momentu pobudzenia urządzenia ochronnego do całkowitego zatrzymania działania niebezpiecznego czynnika mechanicznego. Przy określaniu odległości zapewniającej bezpieczeństwo przyjmuje się prędkość przemieszczania się kończyny górnej równą 2 m/s, jeśli odległość ta jest mniejsza od 500 mm, i 1,6 m/s – przy większych odległościach. Obecnie coraz częściej jako środki ochrony stosowane są elektroczułe urządzenia ochronne, takie jak bezdotykowe urządzenia ochronne (rys. 4), czy urządzenia oburęcznego sterowania.

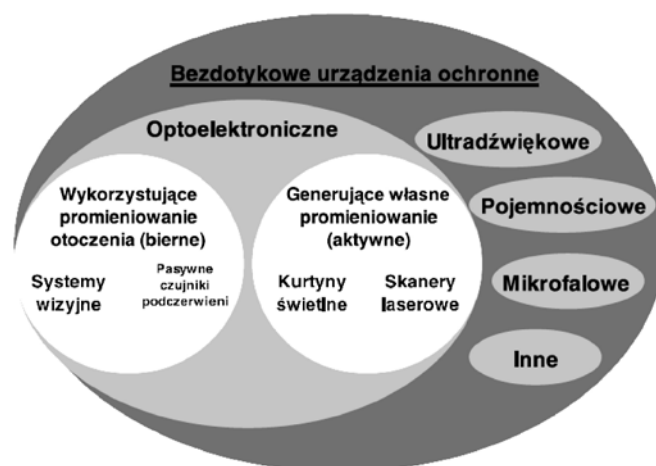
Bezdotykowe urządzenia ochronne (BUO) są to urządzenia: optoelektroniczne, ultradźwiękowe, pojemnościowe, mikrofalowe i inne, wykrywające obecność części ciała człowieka lub przedmiot w polu ich działania. Są one najczęściej stosowane jako środki ochrony zbiorowej i instalowane w pobliżu linii produkcyjnych, stanowisk robotów, obszarów, gdzie występują zagrożenia mechaniczne, chemiczne, promieniowanie itp. Ich

podstawowym zadaniem jest zasygnalizowanie naruszenia strefy detekcji do innych urządzeń (zwykle w celu wstrzymania ruchu maszyn i alarmowania).

Duża różnorodność konstrukcji (rys. 5), jak również znaczne możliwości tych urządzeń powodują, że zakres ich zastosowań jest coraz szerszy. BUO dzieli się na urządzenia aktywne (generujące własny sygnał kontrolny) oraz bierne (wykorzystujące sygnał pochodzący z otoczenia). Do technicznych środków BUO należą m.in. kurtyny świetlne, skanery laserowe, kamery wizyjne, czujniki podczerwieni itp.

Urządzenia oburęcznego sterowania (UOS) to urządzenia, które umożliwiają niebezpieczny ruch maszyny tylko przy jednoczesnym zadziałaniu obu rękami na elementy sterownicze. Pełnią one funkcje sterownicze i jednocześnie są środkiem ochrony pojedynczego operatora maszyny, ponieważ zwolnienie jednego elementu sterowniczego powoduje zatrzymanie maszyny. Zazwyczaj są one stosowane do inicjowania ruchu roboczego maszyn o wysokim poziomie ryzyka, takich jak: prasy, młoty, krawędziarki, zaginarki itp. Od sprawności funkcjonowania UOS zależy zdrowie, a często i życie operatora i z tego względu ich konstrukcja powinna zapewniać poprawność funkcjonowania – nawet w najtrudniejszych warunkach użytkowania.

Omówione wyżej urządzenia i środki chronią w sposób czynny przed następstwami zagrożeń mechanicznych. W powszechnym rozumieniu wielu użytkowników i producentów uważa, że ich stosowanie zapewnia bezpieczeństwo maszyn. Niestety nie jest to prawda – skuteczność ich działania (szczególnie osłon



Rys. 5. Klasyfikacja bezdotykowych urządzeń ochronnych [4]

ruchomych i urządzeń ochronnych) fundamentalnie zależy od prawidłowo wykonanego układu sterowania zaimplementowanego w maszynie [14].

O jego znaczeniu świadczyć może chociażby fakt, że w dyrektywie maszynowej 2006/42/WE wymogom stawianym układowi sterowania maszyny poświęcono osobny rozdział.

Podstawowym celem układu sterowania jest zapobieganie powstaniu sytuacji zagrożenia. Cel ten osiąga się poprzez dobranie komponentów odpowiedzialnych za sterowanie maszyny – mogących wytrzymać przewidywane obciążenia pracy,

projektowanie układów logicznych – aby ich defekt nie prowadził do sytuacji zagrożenia – oraz odpowiednie rozstawienie elementów sterowniczych, zmniejszając tym samym prawdopodobieństwo błędnego sterowania maszyną, np. samorozruchu.

Środkiem zapobiegającym samorozruchowi maszyny są urządzenia rozpraszające energię lub elementy pozwalające na sprawdzenie skuteczności odłączenia i rozproszenia energii. Typowym przykładem tego typu urządzeń są hamulce absorbujące energię kinetyczną części ruchomych, rezystory do rozładowania obwodów elektrycznych czy zawory do rozładowania ciśnienia w przewodach i akumulatorach. Elementy rozpraszające lub pochłaniające energię muszą być tak dobrane, aby proces ich działania nie powodował sytuacji zagrożenia, a samo rozproszenie energii było skutkiem odłączenia maszyny od zasilania [16].

Z powyższego opisu wynika jednoznacznie, że bezpieczeństwo maszyny zależy od prawidłowego działania systemu elektrycznego (E), elektronicznego (E) i programowalnego systemu elektronicznego (PE) (w skrócie systemu E/E/PE), sterującego działaniem urządzeń ochronnych. Wszędzie tam, gdzie działanie środka ochronnego zależy od prawidłowego działania układu sterowania, mówi się o bezpieczeństwie funkcjonalnym.

Uruchomienie maszyny nastąpić może wyłącznie, jeżeli wszystkie funkcje bezpieczeństwa i urządzenia ochronne są na swoim miejscu i funkcjonują – ich brak lub uszkodzenie uniemożliwia uruchomienie maszyny do czasu wymiany lub naprawy. Odstępstwem od tej reguły mogą być prace serwisowe lub ustawcze, którym towarzyszy chwilowe zawieszanie funkcji bezpieczeństwa (nie może jednak w żadnym przypadku zostać zablokowane urządzenie zatrzymania awaryjnego). Podczas zablokowania podstawowych technicznych środków bezpieczeństwa wprowadza się dodatkowe zabezpieczenia, które pozwalają na redukcję ryzyka do możliwie tolerowanego przy tego rodzaju obsłudze maszyny. Oprócz zablokowania wszystkich innych rodzajów pracy wprowadza się urządzenia sterujące podtrzymaniem ruchu lub/i sterownik przenośny z urządzeniem zatrzymania awaryjnego. Gdy wskazuje na to ocena ryzyka, wprowadzić należy dodatkowo urządzenie zezwalające [16].

Przykładem takiego podejścia do bezpieczeństwa może być osłona ruchoma maszyny. Usunięcie lub przemieszczenie osłony ruchomej niejako z definicji prowadzi do zwiększenia zagrożenia z powodu odsłonięcia danej strefy. Konieczne jest zatem zdefiniowanie warunków zezwolenia na wykonanie takiej czynności. Można to uczynić środkami technicznymi powiązаныmi z systemem sterowania bezpieczeństwem maszyny lub metodami organizacyjnymi, jak znaki, napisy ostrzegawcze i szkolenie. Możliwość realizacji układu zabezpieczającego w oparciu o środki techniczne to stosowanie urządzeń blokujących.

W sytuacji, gdy operator lub (rzadziej) pracownik serwisu musi dostać się do wnętrza obszaru (strefy) niebezpiecznego, osłona musi zostać usunięta. W przypadku, gdy ingerencja następuje rzadko, możliwe jest okresowe demontowanie osłony stałej, po uprzednim wykonaniu procedury zabezpieczającej przed nieoczekiwanym lub niezamierzonym uruchomieniem. Może ona polegać na odłączeniu zasilania energią danego obszaru, zabezpieczeniu przed ponownym zasilaniem i załączeniem przez osoby nieuprawnione, odpowiednim oznakowaniu strefy pracy lub nawet wprowadzeniu pewnych blokad mechanicznych (jak np. klocki czy inne podpory zapobiegające zgnie-

niu). Szereg przedstawionych wyżej czynności jest jednak pracochłonny i czasochłonny, więc w praktyce produkcyjnej możliwy do zrealizowania w rzadkich przypadkach, np. podczas napraw czy niektórych regulacji [12, 40].

Osłonom ruchomym w sposób nieodłączny towarzyszą urządzenia blokujące. Ich lokalizację w maszynach definiuje ogólny schemat zamieszczony w normie [19].

3. Zakończenie

Bezpieczeństwo funkcjonalne jest zdefiniowane w normie [22] następująco: część bezpieczeństwa maszyny i systemu sterowania maszyny, która zależy od poprawnego funkcjonowania systemów SRECS, związana z bezpieczeństwem systemów wykonanych w innych technikach oraz zewnętrznych środków redukcji ryzyka (SRECS – elektryczne systemy sterowania związane z bezpieczeństwem). Oznacza to także ochronę przed zagrożeniem spowodowanym nieprawidłowym działaniem samych funkcji bezpieczeństwa.

Każdą funkcję bezpieczeństwa poddaje się całościowej analizie w celu ustalenia takich środków redukcji ryzyka (ochrony), które byłyby mierzalne w sposób jakościowy i ilościowy. Znacząco to, że analizowane są w całości wszystkie funkcje systemu, tj. wykrywanie, przetwarzanie i reakcja.

Aby osiągnąć funkcjonalne bezpieczeństwo danej maszyny czy urządzenia, konieczne jest prawidłowe funkcjonowanie części mechanizmów zabezpieczających, istotnych z punktu widzenia zasad bezpieczeństwa, oraz takie ich zadziałanie w przypadku błędu, które zapewni pozostanie maszyny czy urządzenia w bezpiecznym stanie lub doprowadzenie do takiego stanu. W tym celu niezbędne jest zastosowanie zaawansowanych urządzeń technicznych, które potrafią sprostać wymaganiom odnośnych norm [20, 21, 24, 40].

Omówione wyżej urządzenia i środki chronią w sposób czynny przed następstwami zagrożeń mechanicznych. Ochronę bierną stanowią wszelkiego rodzaju informacje o zagrożeniach w postaci barw, znaków, sygnałów itp. Środki te, informując lub ostrzegając o zagrożeniach, mogą istotnie zmniejszać ryzyko związane z tymi zagrożeniami.

Jeśli wyczerpie się wszystkie możliwości eliminowania zagrożeń mechanicznych lub zmniejszenia związanego z nimi ryzyka, a jest ono wciąż wyższe od akredytowanego, to należy stosować środki ochrony indywidualnej. W zakresie ochrony przed zagrożeniami maszynowymi będą to przede wszystkim środki ochrony przed upadkiem z wysokości, przed spadającymi przedmiotami, gorącymi powierzchniami, ostrymi elementami, odpryskami itd.

Literatura

- [1] *Bezpieczeństwo eksploatacji maszyn, urządzeń i budynków – bezpieczeństwo pracowników*, <http://osha.europa.eu/pl/publications/factsheets/88> (data odczytu 04.06.2012).
- [2] *Bezpieczeństwo i zdrowie w pracy związanej z technicznym utrzymaniem miejsca pracy – obraz statystyczny*, <http://osha.europa.eu/pl/publications/factsheets/90> (data odczytu 04.06.2012).
- [3] CHROSTOWSKI T.: *Bezpieczeństwo w eksploatacji maszyn*, <http://www.zie.pg.gda.pl/> (12.05.2012).
- [4] DŹWIAREK M., STRAWIŃSKI T.: *Wymagania bezpieczeństwa dla wybranych urządzeń ochronnych*. „Bezpieczeństwo pracy”, CIOP-PIP, nr 7–8, 1–5, Warszawa 2000.

- [5] GIERASIMIUK J.: *Obowiązki i działania producentów i użytkowników maszyn dla zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania maszyn zgodnie z dyrektywami 2006/42/WE i 2009/104/W*, Ehttp://www.bezpieczenstwo eksploatacji.pl/zasoby/Jozef_Gierasimiuk_Sawo.pdf.
- [6] KARASZKIEWICZ A. I INNI: Praca naukowo-badawcza nt.: *Identyfikacja najczęstszych przyczyn i sekwencji wypadków przy konserwacji i naprawach maszyn i urządzeń produkcyjnych na podstawie analizy wypadków*, [http://www.zus.pl/files/dpir/20110405_Identyfikacja_najczęstszych_przyczyn_i_sekwencji_wypadkow.pdf](http://www.zus.pl/files/dpir/20110405_Identyfikacja_najczestszych_przyczyn_i_sekwencji_wypadkow.pdf) (data odczytu 04.06.2012).
- [7] MISSALA T.: *Bezpieczeństwo funkcjonalne – awers i rewers*. „Pomiary, Automatyka, Robotyka”, 1/2008.
- [8] PN-EN 1088+A2:2011: Bezpieczeństwo maszyn. Urządzenia blokujące sprzężone z osłonami. Zasady projektowania i doboru.
- [9] PN-EN 61508-1:2010: Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem. Wymagania ogólne.
- [10] PN-EN 61511-1:2007: Bezpieczeństwo funkcjonalne. Przyrządowe systemy bezpieczeństwa do sektora przemysłu procesowego. Część 1: Schemat, wymagania dotyczące systemu, sprzętu i oprogramowania.
- [11] PN-EN 62061:2008: Bezpieczeństwo maszyn. Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.
- [12] PN-EN ISO 12100:2011: Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka.
- [13] PN-EN ISO 13849-1:2008: Bezpieczeństwo maszyn. Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem. Część 1: Ogólne zasady projektowania.
- [14] PN-N-18002:2011: Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.
- [15] Praca zbiorowa: *Nauka o pracy, bezpieczeństwo, higiena, ergonomia*. CIOP, Warszawa 2010.
- [16] *Procedury oceny ryzyka technicznego maszyn zgodnie z wymaganiami minimalnymi i szczegółowymi*, <http://www.centrumkompetencji.pl/sb,przemysl-i-technika,80.html> (data odczytu 04.06.2012).
- [17] PRZYBYLIŃSKI B.: *Uwarunkowania prawne bezpieczeństwa nawiązanych i modernizowanych maszyn*. Materiały VII Konferencji Naukowej „Regeneracja 2006”. Oddział SIMP w Bydgoszczy, Wydział Mechaniczny ATR, Stowarzyszenie Absolwentów ATR, Pieczyska/Koronowa, 2006, s. 133–144.
- [18] PRZYBYLIŃSKI B.: *Wybrane aspekty projektowania maszyny bezpiecznej*. Studia i Materiały Polskiego Towarzystwa Zarządzania Wiedzą, 49/2011, s. 231–245.
- [19] PRZYBYLIŃSKI B.: *BHP i ergonomia*. Wydawnictwa Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, 2012.
- [20] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 września 2001 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych do robót ziemnych, budowlanych i drogowych (Dz. U. 2001 nr 118, poz. 1263).
- [21] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz. U. 2008 nr 199, poz. 1228).
- [22] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (Dz. U. z 2002 r. nr 191, poz. 1596 z późn. zm.).
- [23] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z 2003 r. nr 169, poz. 1650).
- [24] Ustawa z dnia 12 grudnia 2003 r. o ogólnym bezpieczeństwie produktów (Dz. U. 2003 nr 229, poz. 2275).
- [25] Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o Państwowej Inspekcji Pracy (Dz. U. 2007 nr 89, poz. 589).
- [26] Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorcze technicznym (Dz. U. 2000 nr 122, poz. 1321).
- [27] Ustawa z dnia 23 kwietnia 1963 r. Kodeks cywilny (Dz. U. 1964 nr 16, poz. 93 z późn. zm.).
- [28] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz. U. 1998 nr 21, poz. 94 z późn. zm.).
- [29] Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. 2010 nr 138, poz. 935).
- [30] ZAWIESKI W. I INNI: *Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny*, CIOP – PIB, Warszawa 2007.
- [31] ŻÓŁTOWSKI B., TYLICKI H.: *Elementy diagnostyki technicznej maszyn*. PWSZ, Piła 2008, s. 183.
- [32] ŻÓŁTOWSKI B., CASTANEDA HEREDIA L.F.: *Estudio de explotación de vehículos ferroviarios*. EAFIT University, Colombia 2009, s. 298.
- [33] ŻÓŁTOWSKI B., CASTANEDA HEREDIA L.F.: *Badania pojazdów szynowych. Transport*. Wydawnictwo UTP, s. 220, Bydgoszcz 2009.
- [34] ŻÓŁTOWSKI B.: *Podstawy diagnozowania maszyn*. UTP, Bydgoszcz 2011, s. 200.
- [35] ŻÓŁTOWSKI B., CASTANEDA HEREDIA L.F.: *Bases del diagnostico tecnico de maquinas*. EAFIT University, Colombia 2010, s. 233.
- [36] ŻÓŁTOWSKI B., NIZIŃSKI S.: *Modelowanie procesów eksploatacji*. ITE – PIB, Radom 2010, s. 211.
- [37] ŻÓŁTOWSKI B., WILCZARSKA J.: *Mikroekonomia eksploatacji i diagnostyki maszyn*. ITE – PIB, Radom 2010.
- [38] ŻÓŁTOWSKI B., KWIATKOWSKI K.: *Zagrożone środowisko*. Wyd. UTP, Bydgoszcz 2012.
- [39] ŻÓŁTOWSKI B., ŁUKASIEWICZ M.: *Diagnostyka drganiowa maszyn*. ITE-PIB, Radom 2012.
- [40] ŻÓŁTOWSKI B., LANDOWSKI B., PRZYBYLIŃSKI B.: *Projektowanie eksploatacji maszyn*. UTP, Bydgoszcz 2012.
- [41] ŻÓŁTOWSKI B., ŁUKASIEWICZ M., KAŁACZYŃSKI T.: *Techniki informatyczne w badaniach stanu maszyn*. Wyd. UTP, Bydgoszcz 2012.
- [42] ŻÓŁTOWSKI B.: *Metody inżynierii wirtualnej w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn*. Wyd. UTP, Bydgoszcz 2012.

prof. zw. dr hab. inż. Bogdan Żółtowski
W działalności naukowej zajmuje się problemami budowy i eksploatacji maszyn, mechaniki w ujęciu dynamiki maszyn, wibroakustyki, diagnostyki technicznej, metrologii i eksploatacji pojazdów. Ma w swoim dorobku ogólnie około 400 publikacji, w tym 30 pozycji książkowych (własne i współautorskie), 46 publikacji naukowych, 182 publikacje naukowo-techniczne i konferencyjne, 27 referatów naukowych oraz 45 opracowań naukowo-technicznych. Członek wielu stowarzyszeń i komitetów, członek wielu Rad Programowych w różnych wydawnictwach, główny organizator cyklicznej konferencji: „Diagnostyka Maszyn Roboczych i Pojazdów”. Wypromował kilkudziesięciu (około 200) absolwentów studiów magisterskich i inżynierskich, 14 doktorów nauk technicznych oraz recenzuje prace naukowo-badawcze, a także dorobek naukowy.