

Praktyczne funkcje oceny ryzyka w procesach projektowania, eksploatacji i modernizacji maszyn, cz. 2

Proces zbudowania, dostosowania lub zmodernizowania i oddania do użytku bezpiecznej maszyny, jak podkreślił autor w pierwszej części artykułu (ATEST 12/2016), składa się z dwóch głównych faz: pierwszej fazy – oceny, która jest podstawą drugiej fazy – wykonawczej. Poniżej S. Kowalewski kontynuuje rozważania, jak szacować i akceptować ryzyko, jak je przekładać na wymagania stawiane środkom ochronnym oraz jak wdrażać w życie i walidować stan bezpieczeństwa maszyn. | Redakcja

dr inż. Stanisław Kowalewski



wiceprezes zarządu, dyrektor ds. nauki i techniki w firmie ELOKON Polska, laureat ZŁOTYCH SZELEK

Faza I – Szacowanie poziomu ryzyka pierwotnego RLP

Ryzyko pierwotne to prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego skutkującego stratami ludzkimi (urazami, chorobami), materialnymi, środowiskowymi powodowanymi przez samą konstrukcję maszyny, nieuzbrojonej w techniczne środki ochronne (TOS). Oszacowanie poziomu ryzyka pierwotnego RLP służy określeniu, w jakim stopniu konstrukcja maszyny jest wewnętrznie bezpieczna, a w jakim konieczne jest zastosowanie technicznych środków ochronnych, aby zredukować ryzyko do poziomu akceptowalnego

RLa. Rozwiązania konstrukcyjne stojące najwyżej w hierarchii podejmowanych środków redukcji ryzyka powinny w najwyższym możliwym stopniu zredukować energie niszczące lub konieczność dostępu do nich ludzi. Zatem z jednej strony maksymalnie zredukować np. energie, siły, naciski, prędkości, masy, temperatury, a z drugiej ograniczać możliwości kontaktu z elementami niebezpiecznymi (np. przez odległości bezpieczeństwa, odległości minimalne, automatyzację procesów). Rozwiązania konstrukcyjne dotyczą elementów mechanicznych, napędów i sterowania, instalacji elektrycznych, hydraulicznych i pneumatycznych. Szczególną rolę pełnią układy sterowania, których zachowanie i niezawodność określone: Kategoriami (B-4), PL (a-e) i SIL (1-3), muszą wynikać z poziomu ryzyka pierwotnego RLP. Konstrukcja układów sterowania jest ściśle powiązana z prawidłowym działaniem zdecydowanej większości technicznych środków ochronnych (TSO). Dla projektanta szacowanie poziomu ryzyka pierwotnego jest zupełnie naturalne, ponieważ maszyna w fazie projektowania jest „goła”, ją dopiero należy wyposażać w techniczne środki ochronne, podstawowe (osłony i urządzenia ochronne) oraz uzupełniające (stop awaryjny, drogi ewakuacji, bezpieczniki). Nie ma obowiązkowych metod szacowania poziomu ryzyka. Najbardziej obiektywne byłyby metody ilościowe, oparte na teorii niezawodności. O ile budowa struktur niezawodnościowych nie przysparza kłopotów (np. drzewa zdarzeń – ETA, drzewa błędów – FTA), to niestety brak jest wiarygodnego wsadu o niezawodności elementów tworzących strukturę. Najmniej poddającym się kwantyfikacji elementem jest niezawodność zachowań ludzkich. W praktyce stosuje się metody jakościowe, w których nadaje się rangi elementom ryzyka: ciężkości urazu (S), ekspozycji (E), możliwości unikania lub ograniczania szkód (A) oraz prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia wypadkowego (O) i w rozmaity sposób je łączy (grafy, kalkulatory, macierze, wskaźniki poziomu itd.). W ten sposób uzyskuje się jakościowy poziom ryzyka,



który jest miarą stanu bezpieczeństwa. Szacowanie ryzyka musi być przeprowadzone dla każdej możliwej kombinacji zidentyfikowanych elementów zagrożeń: czynników, sytuacji i zdarzeń niebezpiecznych/skutków. Metody szacowania poziomu ryzyka powinny być, w najwyższym możliwym stopniu, obiektywne i umożliwiać prawidłowy dobór środków ochronnych. Poważnym problemem jest brak danych statystycznych przy szacowaniu parametru prawdopodobieństwa (częstości) występowania zdarzeń wypadkowych oraz możliwości unikania i ograniczania strat (A).

W firmie ELOKON Polska opracowano autorską metodologię szacowania ryzyka, opartą na metodzie wskaźnika poziomu ryzyka WPR (Risk Score), w której obydwie te elementy zastąpiono jednym parametrem Skuteczności Nadzorowania Zagrożenia.

Faza I – Zdefiniowanie cech środków ochronnych zapewniających osiągnięcie poziomu ryzyka akceptowalnego RL_a

Po oszacowaniu poziomu ryzyka pierwotnego RL_p należy dobrać techniczne środki ochronne (TSO) o odpowiednich cechach potrafiących zredukować jego poziom do akceptowalnego RL_a. Ten poziom jest jednocześnie powiązany z przyjętą metodologią ewaluacji ryzyka, czyli akceptacją bądź dyskwalifikacją. Projektant po określeniu TSO i nadaniu im cech uwzględni to w tworzonej dokumentacji, na bazie której zostanie zbudowana maszyna i ma dowód na prawidłowy, przeprowadzony zgodnie z zasadami prawnymi i inżynierskimi proces redukcji ryzyka do poziomu tolerowalnego (akceptowalnego). Natomiast dla użytkowników i modernizatorów maszyn od dawna eksploatowanych (jeśli są wyposażone w jakieś techniczne środki ochronne) RL_a jest poziomem porównywalnym z poziomem ryzyka rzeczywistego RL_r. Warto podkreślić fakt, że praktycznie wszystkie podstawowe techniczne środki ochronne TSO, oprócz osłon stałych (i to nie zawsze), są blokowane z układami sterowania maszyn. Muszą, pełniąc funkcje ochronne, stosownie reagować na obecność i zachowania ludzi oraz na ewentualne uszkodzenia. Powinny pozostawać na odpowiednim poziomie niezawodności, relatywnym do skalkulowanego poziomu ryzyka pierwotnego RL_p. Łącznie z układami sterowania powinny tworzyć łańcuchy bezpieczeństwa odporne na uszkodzenia i odpowiednio zachowywać się w razie uszkodzeń. Cechy o tym decydujące opisane są Kategoriami (B-4) wg PN-EN 954-1, Poziomami PL (Performance Level: a-e) wg PN-EN ISO 13849-1 oraz zwykle

Tabela 1. Żądane KAT i PL do nadzorowania poziomu ryzyka RL

WPR	RL	KAT	PL
≤ 20	RL1	-	-
20 > WPR ≤ 70	RL2	-	-
70 > WPR ≤ 110	RL3	B	a
110 > WPR ≤ 180	RL4	B	b
180 > WPR ≤ 300	RL5	1	c
300 > WPR ≤ 420	RL6	2	d
420 > WPR ≤ 500		3	d
500 > WPR ≤ 700	RL7	3	e
> 700		4	e



stosowanymi w bezpieczeństwie procesowym SIL (Safety Integrity Level: 1-3) wg PN-EN 62061. Na tym polega bardzo praktyczna funkcja dokonywania oceny ryzyka, bez której nie można byłoby określić pożądanych, optymalnych cech technicznych środków ochronnych. Ani niepotrzebnie zbyt mocnych i zbyt kosztownych, ani za słabych i niefunkcjonalnych. Według metody opracowanej i stosowanej przez ELOKON Polska zdefiniowano 7 poziomów wskaźnika poziomu ryzyka WPR i odnoszących się do nich poziomów ryzyka RL, do których przypisane są, konieczne do redukcji ryzyka do poziomu akceptowalnego, Kategorie KAT i Performance Level PL (tab. 1).

Wszystkie techniczne środki ochronne podstawowe, osłony i urządzenia ochronne nieodgradzające, wpinane w obwody sterowania maszyn powinny spełniać powyższe wymagania. Trzeba zachować zasadę, że po skalkulowaniu poziomu ryzyka RL i doborze relatywnych PL i KAT, te właściwości musi zachować cały łańcuch połączeń, który jest wart tyle, ile warte jest jego najsłabsze ogniwo. Ta zasada dotyczy też środków ochronnych uzupełniających, takich jak urządzenia zatrzymywania awaryjnego, urządzenia resetujące, przełączniki trybów pracy itp. →



→ Faza I – Szacowanie poziomu ryzyka rzeczywistego RLr

Po określeniu właściwości technicznych środków ochronnych, które będą zdolne nadzorować ryzyko pierwotne RLp stwarzane przez konstrukcję maszyny, czyli po jednoczesnym określeniu poziomu ryzyka akceptowalnego RLa, należy je porównać ze stanem istniejącym na ocenianej bądź modernizowanej maszynie. W nowo projektowanej maszynie, na której nie ma jeszcze technicznych środków ochronnych sprawa jest uproszczona, ponieważ poziom ryzyka rzeczywistego RLr powinien pokrywać się z poziomem ryzyka akceptowalnego RLa. Na już eksploatowanych lub modernizowanych maszynach zazwyczaj są zainstalowane jakieś odgradzające lub nieodgradzające środki ochronne, urządzenia zatrzymywania awaryjnego, urządzenia resetujące, zawory sterujące ruchem elementów niebezpiecznych, układy sprzęgłowo-hamulcowe, sygnalizatory itp. Należy zbadać ich cechy jakościowe oraz odpornościowe i porównać z żądanymi cechami wyznaczonymi w poprzednim elemencie procesu. Jeśli poziom ryzyka rzeczywistego RLa nie przekracza poziomu ryzyka akceptowalnego, to w następnym kroku, ewaluacji można ten stan świadomie zaakceptować bez konieczności jego korekty. Natomiast jeśli $RLr > RLa$ to trzeba podjąć



działania naprawcze, które nadadzą środkom ochronnym wyznaczone uprzednio cechy i będą skutecznie nadzorować ryzyko stwarzane przez maszynę.

Tabela 2. Kryteria akceptowalności ryzyka i zalecenia działań profilaktycznych i dostosowawczych

Wskaźnik poziomu ryzyka [WPR]	Poziom ryzyka [RL]	Akceptowalność ryzyka	Obszar zaleceń	Zalecenia działań technicznych i organizacyjnych
WPR ≤ 20	RL1 Bardzo niskie	AKCEPTOWALNE Stan techniczny maszyny łącznie z procedurami bezpiecznej pracy gwarantuje bezpieczeństwo przy normalnej obsłudze i pracach konserwacyjnych pod warunkiem ciągłego monitorowania tego stanu	Ogólny	Brak konieczności podjęcia technicznych działań naprawczych lub korygujących
			Monitorowanie stanu bezpieczeństwa	<p>Codzienny test „Minimum bezpieczeństwa” przed rozpoczęciem pracy, po wymianie narzędzi lub zmianie parametrów pracy (wg procedur korporacyjnych):</p> <ul style="list-style-type: none"> – ocena audiowizualna stanu konstrukcji maszyny (kompletność konstrukcji, wycieki płynów, stateczność, nietypowy hałas itp.); – ocena wizualna stanu środków ochronnych (osłony, elektroczułe wyposażenie ochronne – EWO, uzupełniające środki ochronne) – kompletność, zużycie, możliwość obejścia, wytrzymałość, widoczność itp.; – przeprowadzenie jakościowych testów funkcjonalnych urządzeń ochronnych wg wytycznych producenta lub wg procedur korporacyjnych (testowanie kurtyn świetlnych, osłon blokujących z/bez ryglowania, innych EWO). <p>Kontrole okresowe wg procedur korporacyjnych lub producenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ocena jakościowa i ilościowa stanu konstrukcji maszyny (zużycie elementów, luzy, pęknięcia, stan instalacji elektrycznych, hydraulicznych, pneumatycznych, stan napędów, hałas, drgania, grzanie itp.); – ocena jakościowa i ilościowa środków ochronnych – parametry niezawodności (KAT, PL, SIL), wytrzymałość, parametry dobiegu, siły i energii, prędkości, odległości bezpieczeństwa i minimalne itp.; – ocena stanu środków informowania i ostrzegania na maszynie (napisy, piktogramy, kolumny sygnalizacyjne itp.).
			Kultura i procedury bezpiecznej pracy	<p>Szkolenie stanowiskowe operatorów. Okresowa weryfikacja wiedzy i umiejętności operatorów. Motywowanie operatorów do bezpiecznego zachowania poprzez stosowanie metod ciągłego doskonalenia (np. Kaizen, Lean Management). Ocena okresowa prawidłowości i aktualności procedur bezpiecznej pracy operatorów w trzech fazach obsługi: przed, w trakcie i po zakończeniu zadań.</p>
			Informowanie o zauważonych nieprawidłowościach	Komunikacja nadzoru z operatorami

Wskaźnik poziomu ryzyka [WPR]	Poziom ryzyka [RL]	Akceptowalność ryzyka	Obszar zaleceń	Zalecenia działań technicznych i organizacyjnych
20 < WPR ≤ 70	RL2 Niskie	AKCEPTOWALNE Stan techniczny maszyny zapewnia bezpieczeństwo przy normalnej obsłudze i pracach konserwacyjnych pod warunkiem ciągłego monitorowania tego stanu i przestrzegania zaostrzonych procedur bezpiecznej pracy	Ogólny	Brak konieczności podjęcia technicznych działań naprawczych lub korygujących z sugestią redukcji ryzyka do poziomu RL1
			Monitorowanie stanu bezpieczeństwa	Jak dla RL1
			Kultura i procedury bezpiecznej pracy	Jak dla RL1 oraz: – częstsza weryfikacja procedur bezpiecznej pracy – częstsza weryfikacja wiedzy i umiejętności operatorów
			Informowanie o zauważonych nieprawidłowościach	Jak dla RL1
70 < WPR ≤ 110	RL3 Średnie	AKCEPTOWALNE WARUNKOWO Stan techniczny maszyny nie zapewnia w dalszej perspektywie bezpieczeństwa na poziomie akceptowalnym przy normalnej obsłudze i pracach konserwacyjnych	Ogólny	Natychmiastowe zaplanowanie i podjęcie działań projektowych i dostosowawczych redukujących ryzyko co najmniej do poziomu RL2 z zaleceniem do RL1. Harmonogram i terminy wykonania działań dostosowawczych powinny być zgodne z procedurami użytkownika maszyny. W przypadku braku procedur, Elokona zaleca przeprowadzenie działań dostosowawczych w okresie nie dłuższym niż 6 miesięcy od daty przekazania Raportu z audytu. Kontynuowanie pracy maszyny w trakcie działań dostosowawczych powinno odbywać się przy zaostrzonych procedurach i nadzorze. W przypadku niewykonania działań dostosowawczych w określonym czasie, należy wstrzymać pracę, wyłączyć i zabezpieczyć maszynę przed uruchomieniem.
			Zaprojektowanie i wdrożenie środków redukcji ryzyka: konstrukcji maszyny, środków ochronnych, środków informowania i ostrzegania	Zaprojektowanie zmian konstrukcyjnych maszyny (jeżeli mają zastosowanie). Zaprojektowanie działań technicznych: dobór środków ochronnych (osłony, EWO, dodatkowe techniczne środki ochronne), określenie cech funkcjonalnych niezawodnościowych (KAT, PL, SIL) środków redukcji ryzyka. Zaprojektowanie środków informowania i ostrzegania. Dokumentacja zmian. Akceptacja, wdrożenie i walidacja. Uwaga: Powtórne uruchomienie i eksploatacja powinny być poprzedzone audytem walidacyjnym z potwierdzeniem redukcji ryzyka do poziomu RL1 lub RL2.
			Monitorowanie stanu bezpieczeństwa	Jak dla RL2
			Kultura i procedury bezpiecznej pracy	Jak dla RL2 oraz: – obsługa maszyny w czasie projektu i dostosowywania powinna mieć potwierdzone najwyższe, stosowne do stanowiska pracy i specyfiki zagrożeń, kwalifikacje; – opracowanie i wdrożenie zaostrzonych procedur bezpiecznej pracy i nadzoru na czas pracy maszyny podczas projektu i dostosowywania; – należy niezwłocznie poinformować wszystkie osoby narażone o podwyższonym ryzyku oraz o tym, że zostały podjęte działania mające na celu podniesienie poziomu bezpieczeństwa; – umieścić na maszynie informację o prowadzeniu działań projektowych i dostosowawczych.
			Informowanie o zauważonych nieprawidłowościach	Ciągła komunikacja nadzoru z operatorami maszyny



Wskaźnik poziomu ryzyka [WPR]	Poziom ryzyka [RL]	Akceptowalność ryzyka	Obszar zaleceń	Zalecenia działań technicznych i organizacyjnych
110 < WPR ≤ 180	RL4 Znaczące	AKCEPTOWALNE WARUNKOWO Stan techniczny maszyny nie zapewnia w dalszej perspektywie bezpieczeństwa na poziomie akceptowalnym przy normalnej obsłudze i pracach konserwacyjnych	Ogólny	Natychmiastowe zaplanowanie i podjęcie działań projektowych i dostosowawczych redukujących ryzyko co najmniej do poziomu RL2 z zaleceniem do RL1. Harmonogram i terminy wykonania działań dostosowawczych powinny być zgodne z procedurami użytkownika maszyny. W przypadku braku procedur, Elokona zaleca przeprowadzenie działań dostosowawczych w okresie nie dłuższym niż 3 miesiące od daty przekazania Raportu z audytu. Kontynuowanie pracy maszyny w trakcie działań dostosowawczych powinno odbywać się przy zastrzonych procedurach i nadzorze. W przypadku niewykonania działań dostosowawczych w określonym czasie, należy wstrzymać pracę, wyłączyć i zabezpieczyć maszynę przed uruchomieniem i realizacją procesów produkcyjnych.
			Zaprojektowanie i wdrożenie środków redukcji ryzyka: konstrukcji maszyny, środków ochronnych, środków informowania i ostrzegania	Jak dla RL3
			Monitorowanie stanu bezpieczeństwa	Jak dla RL3
			Kultura i procedury bezpiecznej pracy	Jak dla RL3
			Informowanie o zauważonych nieprawidłowościach	Jak dla RL3
180 < WPR ≤ 300	RL5 Wysokie	NIEAKCEPTOWALNE Stan techniczny maszyny jest groźny, nie zapewnia bezpieczeństwa na poziomie akceptowalnym przy normalnej obsłudze i pracach konserwacyjnych	Ogólny	Należy natychmiast wstrzymać pracę, wyłączyć i zabezpieczyć maszynę przed uruchomieniem. Konieczność podjęcia natychmiastowych działań projektowych i dostosowawczych redukujących ryzyko co najmniej do poziomu RL2 z zaleceniem do RL1.
300 < WPR ≤ 500	RL6 Bardzo wysokie		Zaprojektowanie i wdrożenie środków redukcji ryzyka: konstrukcji maszyny, środków ochronnych, środków informowania i ostrzegania	Jak dla RL3
500 < WPR	RL7 Ekstremalne			



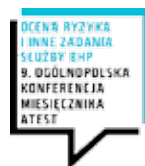
Faza I – Ewaluacja ryzyka

Ewaluacja ryzyka wieńczy etap badań i analiz. To bardzo odpowiedzialny krok w procesie oceny ryzyka, decydujący o realnym poziomie bezpieczeństwa na stanowisku pracy z maszyną. Wszyscy, którzy podejmują decyzję o akceptowalności bądź dyskwalifikacji powinni dysponować obiektywnymi narzędziami porównawczymi. Dlatego niezwykle istotną sprawą jest przyjęcie uzasadnionej metodologii akceptowalności poziomu ryzyka. W tabeli 2 przedstawiono metodologię przyjętą w ELOKON Polska. Pierwsze dwa poziomy ryzyka RL1 i RL2 są akceptowalne, wystarczy monitorowanie stanu. Zwykle drażliwe i dyskusyjne są poziomy ryzyka warunkowo akceptowalne RL3 i RL4. W metodologii ELOKON dopuszcza się eksploatację maszyn na tych poziomach przy jednoczesnym podjęciu działań dostosowawczych. Przy poziomie ryzyka RL3 działania te powinny być przeprowadzone w okresie nieprzekraczającym 6 miesięcy, a przy ryzyku RL4 w okresie 3 miesięcy. To oczywiście tylko propozycja, którą na własny użytek można skorygować. Chodzi jedynie o pragmatyczne podejście w realnych warunkach warsztatowych. Bezwarunkowe wykluczenie maszyn z produkcji mogłoby okazać się zbyt kosztowne, czasami zabójcze dla firm. Oczywiście eksploatacja maszyn w tych okresach powinna być prowadzona w szczególnych warunkach ostrożności, wg specjalnych procedur i przy pełnej świadomości operatorów co do zagrożeń. Poziomy ryzyka od RL5 do RL7 wymagają podjęcia natychmiastowych działań dostosowawczych.

Faza II wykonawcza obejmuje wdrożenie zaleceń wynikających z oceny ryzyka wykonanej w fazie I. Po ich wdrożeniu należy przeprowadzić walidację, czyli potwierdzić zgodność końcową z zaleceniami, potwierdzić nadzorowanie wszelkich aspektów antropologicznych, ergonomicznych oraz poprawności doboru rozwiązań konstrukcyjnych, technicznych środków ochronnych oraz informacji i ostrzeżeń zawartych na maszynach i w instrukcjach obsługi. Należy pamiętać, że instrukcje obsługi mają status normalnych części maszyn i dlatego ich niekompletność czy błędy są traktowane jak stan defektu maszyny. Po walidacji i usunięciu ewentualnych niezgodności należy dokonać ewaluacji końcowej potwierdzającej zgodność z wymaganiami inżynierskimi i prawnymi. Projektant, producent lub dostawca nowej maszyny, czyli w rozumieniu prawa – maszyny po raz pierwszy wprowadzanej lub oddawanej

do użytku na rynku Unii Europejskiej – musi potwierdzić zgodność z Dyrektywą Maszynową 2006/42/WE Deklaracją Zgodności EC (WE), oznakować znakiem CE i dołączyć do maszyny kompletną instrukcję dla użytkownika. Użytkownicy maszyn, pracodawcy i osoby odpowiedzialne za stan bezpieczeństwa, powinni mieć zawsze aktualną ocenę ryzyka, wyrażoną raportem z audytu i dokumentacją oceny ryzyka, potwierdzającą skuteczność zastosowanych środków technicznych, proceduralnych i behawioralnych. Modernizatorzy powinni sporządzić dokumentację modernizacji, zawierającą kwalifikację zmian i ocenę ryzyka jako bazy doboru odpowiednich środków redukcji ryzyka. Jest też sugestia Państwowej Inspekcji Pracy, aby firmy zewnętrzne dokonujące modernizacji potwierdziły na własną odpowiedzialność prawidłowość przeprowadzonych ingerencji, wystawiając Certyfikat Maszyny Zmodernizowanej, i pozostawiły ślad na samej maszynie w postaci tabliczki informacyjnej o modernizacji. ■

Artykuł powstał na podstawie referatu wygłoszonego przez S. Kowalewskiego podczas ogólnopolskiej konferencji ATESTU w Jastrzębiej Górze (16–18 listopada 2016 r.).



Polska Grupa BHP

Sprawdzone ośrodki w całej Polsce.

Profesjonalne szkolenia i doradztwo w zakresie BHP oraz:

- pierwszej pomocy,
- ochrony przeciwpożarowej,
- ochrony środowiska,
- HACCP, ADR, LPG, SEP, UDT, minimum sanitarnego,
- bezpiecznego usuwania azbestu.

Proponujemy także:

- kursy dla operatorów wózków jezdniowych, oraz urządzeń transportu bliskiego,
- inne szkolenia specjalistyczne,
- badania środowiska pracy przez akredytowane laboratoria.

Sprawdź w swoim regionie!

www.PolskaGrupaBHP.pl

Możliwość współpracy dla kolejnych ośrodków.