

Identyfikacja zagrożeń, jako jeden z elementów procesu projektowania maszyn górniczych

mgr inż. Marek Majewski
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

Obowiązujące przepisy zawarte w dyrektywie maszynowej 2006/42/WE wymagają, przy projektowaniu maszyn eliminowania zagrożeń, redukcji ryzyka do akceptowalnego poziomu. Służy temu przeprowadzenie procesu oceny ryzyka. Ocena ryzyka przeprowadzona na etapie projektowania, pozwala na stwierdzenie czy podjęte działania odpowiadają aktualnemu poziomowi wiedzy. Proces oceny ryzyka wymaga systematycznej identyfikacji możliwych do przewidzenia zagrożeń, niebezpiecznych sytuacji i/lub zdarzeń, we wszystkich etapach życia maszyny.

Słowa kluczowe: maszyny górnicze, zagrożenia, ocena ryzyka, sposoby eliminacji zagrożeń

Keywords: mining machines, hazards, risk assessment, methods for elimination of hazards

Abstract:

Current regulations included in directive No 2006/42/EC require elimination of hazards and risk at the stage of designing the mining machines to the acceptable level. Risk assessment is used for that purpose. Risk assessment at the stage of designing enables concluding if all the undertaken measures are in accordance with the state of the art and legal requirements. Risk assessment requires systematic identification of possible hazards, dangerous situations and/or events at all stages of the machine life.

1. Wprowadzenie

Maszyny górnicze są projektowane zgodnie z wymaganiami zawartymi w dyrektywie maszynowej [3] i w normach zharmonizowanych tak, aby mogły być stosowane w podziemnych zakładach górniczych, w warunkach zagrożenia wybuchem gazu i/lub pyłu palnego.



Rys. 1. Proces oceny oraz redukcji ryzyka [opracowanie własne na podstawie [13]]

Obowiązujące przepisy [3] wymagają stosowania rozwiązań, przede wszystkim konstrukcyjnych, eliminujących zagrożenia i redukujących ryzyko do akceptowalnego poziomu [1]. Można to osiągnąć poprzez uwzględnienie w procesie projektowania wyników oceny ryzyka, obejmującej analizę i ewaluację ryzyka. Proces oceny ryzyka jest przedstawiony na rysunku 1.

Analiza ryzyka rozpoczyna się od zidentyfikowania w obiekcie technicznym ograniczeń, wynikających z określonych przepisów, w tym ograniczeń przestrzennych, czasowych, jak również zakresu użytkowania:

- zgodnego z przeznaczeniem, z uwzględnieniem rodzajów pracy oraz różnych sposobów ingerencji operatorów (zapis w instrukcji maszyny),
- nieprawidłowego, dającego się przewidzieć w rozsądny sposób (zapis w instrukcji maszyny),
- zabronionego (zapis w instrukcji maszyny).


Kolejnym etapem jest wyznaczenie ewentualnej szkody i prawdopodobieństwa jej wystąpienia, w odniesieniu do każdego zagrożenia. W końcowym etapie analizy określa się czy cele związane z redukcją ryzyka zostały osiągnięte (ewaluacja ryzyka) [13] np. poprzez zastosowanie środków ochronnych.

Ocena ryzyka przeprowadzona na etapie projektowania pozwala stwierdzić czy podjęte działania odpowiadają aktualnemu poziomowi wiedzy technicznej i wymaganiom prawnym. Przekazanie poprawnie zaprojektowanej maszyny do eksploatacji wraz z towarzyszącą jej instrukcją, przy przyjętym poziomie ryzyka, umożliwia odpowiednią organizację prac, przyjętą w ramach systemu zarządzania bezpieczeństwem.

Na rysunku 1 opisano proces mający na celu maksymalne zmniejszenie ryzyka. Jeśli odpowiedź na pytanie „Czy ryzyko zostało dostatecznie zmniejszone?” brzmi „Nie”, należy koniecznie powtórzyć proces oceny ryzyka z wykorzystaniem dostępnych, najnowszych rozwiązań technicznych. Proces powinien uwzględniać następujące czynniki [13]:

- bezpieczeństwo maszyny we wszystkich fazach jej życia,
- zdolność maszyny do realizacji przypisanych funkcji,
- użyteczność maszyny,
- koszty wykonania, eksploatacji i demontażu.

2. Identyfikacja zagrożeń i sposoby ich redukcji

Pierwszym etapem w procesie oceny ryzyka jest systematyczna identyfikacja możliwych do przewidzenia zagrożeń, niebezpiecznych sytuacji i/lub niebezpiecznych zdarzeń, we wszystkich etapach życia maszyny. W niniejszym artykule omówiono zagrożenia, sytuacje i zdarzenia związane z maszynami górniczymi użytkowymi w warunkach zagrożenia wybuchem gazu kopalnianego i/lub pyłu węglowego podlegające normom i badaniom według dyrektywy w odniesieniu do urządzeń grupy I kategorii M2  [4].

2.1. Zagrożenia mechaniczne związane z przyśpieszeniem i opóźnieniem

Zagrożenia wynikające z przyśpieszenia lub opóźnienia są związane z ruchem maszyny lub jej ruchomych podzespołów w przestrzeni o ograniczonej objętości wyrobiska górniczego (tabela 1).

Ograniczenie tego zagrożenia polega na:

- użytkowaniu maszyny zgodnie z przeznaczeniem – według zapisów w instrukcji,
- prowadzeniu wszelkich prac z wykorzystaniem maszyny zgodnie z obowiązującymi przepisami BHP [6] oraz wewnętrznymi przepisami w danym zakładzie górniczym – według zapisów w instrukcji,
- angażowaniu do obsługi maszyny osób przeszkolonych i uprawnionych – według zapisów w instrukcji,
- stosowaniu sygnałów akustycznych i/lub optycznych ostrzegających przed uruchomieniem maszyny oraz zmianą kierunku ruchu (jazda do tyłu) – według zapisów w instrukcji,
- zwróceniu przez obsługę uwagi na możliwość pojawienia się w strefie zagrożenia ruchem osób niezwiązanych z obsługą pracy maszyny – według zapisów w instrukcji,
- dostarczeniu do każdej maszyny instrukcji.

Zagrożenia związane z przyśpieszeniem i opóźnieniem [2, 13]

Tabela 1

	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
Pochodzenie zagrożenia – Przyśpieszenie, opóźnienie (energia kinetyczna) wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Rzucenie, skaleczenie lub obcięcie, starcie lub obtarcie, uderzenie, upadek, przejechanie	Nieodpowiednie zachowanie operatora i osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny do dających się w rozsądny sposób przewidzieć warunków użytkowania
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.4.1, 6.4.3, 6.4.4, 6.4.5 [13]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej Badanie funkcjonalne maszyny	

Sprawdzenie zastosowania powyższych środków polega na kontroli umieszczenia odpowiednich zapisów w instrukcji użytkowania maszyny na stanowisku pracy w zakładzie górniczym.

W punkcie 6.2.2.1 normy [13] zamieszczono zalecenie unikania ostrych krawędzi i naroży. Zagrożenie wynikające z możliwości wystąpienia części ostro zakończonych jest redukowane w procesie projektowania i wytwarzania poszczególnych detali konstrukcji mechanicznej (tabela 2). Na rysunkach konstrukcyjnych poszczególnych elementów umieszcza się uwagi nakazujące stępienie ostrych krawędzi. Wszystkie elementy muszą być wykonane zgodnie

z warunkami technicznymi (WT). Elementy składowe maszyny muszą być o takim kształcie i wzajemnym położeniu, aby ich przemieszczanie nie powodowało zagrożenia zgnieceniem lub cięciem. Powierzchnie powinny być o wymaganej chropowatości, zgodnej z dokumentacją.

Podczas montażu i demontażu podzespołów maszyny należy przestrzegać zapisów zawartych w instrukcji.

Zagrożenia związane z częściami ostro zakończonymi [2, 13]

Tabela 2

	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
Pochodzenie zagrożenia – Części ostro zakończone wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Skaleczenie lub obcięcie, starcie lub obtarcie, ścięcie	Ostre krawędzie i kąty, nieodpowiedni kształt i położenie względne mechanicznych części składowych, pozostawienie wystających fragmentów
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i bezpieczeństwa osób znajdujących się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.2.1 [13]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej oraz zgodności wykonania	

Powyższe przykłady zagrożeń mechanicznych wraz z pozostałymi wskazanymi w normie [13] należy eliminować na etapie projektowania poprzez wskazanie sposobów ich uniknięcia.

2.2. Zagrożenia termiczne

Kolejną grupą zagrożeń, są zagrożenia termiczne spowodowane nagrzanymi powierzchniami lub rozgrzanym czynnikiem roboczym np. olejem hydraulicznym (tabela 3).

Zagrożenia związane z wybuchem [2, 13]

Tabela 3

	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
Pochodzenie zagrożenia – Wych wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Oparzenia, obrażenia na skutek promieniowania cieplnego, zapalenie się metanu	Brak wyposażenia zapewniającego utrzymanie temperatury materiałów palnych poniżej punktu zapłonu
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby obsługi stanowiska pracy	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.3, 6.2.4 [13] – PN-EN ISO 80079:2016-07 punkt 5, 6.2.4, 8.2 [14]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie zapisów w dokumentacji technicznej oraz przeprowadzenie pomiarów temperatury powierzchni	

W skład wyposażenia elektrycznego maszyny wchodzi czujniki poziomu i temperatury oleju hydraulicznego. Czujniki są włączone w obwód sterowania i w razie wykrycia niedopuszczalnych parametrów (zbyt wysoka temperatura lub zbyt niski poziom oleju) powodują zasygnalizowanie tego stanu i/lub zatrzymanie maszyny. Ponowne załączenie jest możliwe po uzupełnieniu oleju i/lub jego ostygnięciu.

Dla maszyn grupy I kategorii M2 należy rozważyć zagrożenie wybuchem zgodnie z wymaganiami 2014/34/UE [4] oraz normy zharmonizowanej PN-EN ISO 80079-36:2016-07 [14] wynikające z możliwości zapalenia się metanu i/lub pyłu węglowego od rozgrzanych powierzchni maszyny. Ocena powinna wykazać wszystkie potencjalne źródła zapłonu. Temperaturę powierzchni określa się podczas próby nagrzewania przy maksymalnym obciążeniu określonym przez producenta.

Zaleca się również przestrzeganie zasady (tabela 4), aby wszystkie elementy maszyny do wysokości 1,8 m od powierzchni każdej drogi dostępu lub od podłoża, były skonstruowane i wykonane tak, aby nie był możliwy uraz spowodowany zetknięciem się z gorącymi powierzchniami [7]. W instrukcji oryginalnej dołączonej do maszyny powinny być pokazane kanały do prowadzenia gorących przewodów hydraulicznych i zabudowane osłony.

Zagrożenia związane z obiektami lub materiałami o wysokiej temperaturze [2, 13]

Tabela 4

Pochodzenie zagrożenia – Obiekty lub materiały o wysokiej temperaturze wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
	Oparzenia, obrażenia na skutek promieniowania cieplnego	Brak barier ochronnych uniemożliwiających zetknięcie osób z nagrzanymi elementami lub niewłaściwe osłony
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby obsługi stanowiska pracy	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.8, 6.3.2.7, 6.3.3.2.1 [13]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej	

2.3. Zagrożenia związane z hałasem

Podczas projektowania maszyny należy również dążyć do ograniczenia źródeł hałasu powodowanych poprzez pracę (tabela 5) oraz zastosować wyważanie statyczne i dynamiczne elementów wirujących (tabela 6). Wszystkie elementy napędowe będące źródłem hałasu powinny być zabudowane w przestrzeniach zamkniętych konstrukcji maszyny. Należy zastosować dodatkowe środki w postaci osłon. Osłony należy pokazać na zdjęciach w instrukcji. Operator oraz osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny powinny zostać wyposażone w środki ochrony słuchu oraz poinformowane o konieczności ich stosowania.

Zagrożenia związane z pracą maszyny w zakładzie górniczym [2, 13]

Tabela 5

	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
Pochodzenie zagrożenia – Proces produkcji wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Niewygodą, utrata świadomości, utrata równowagi, trwałe uszkodzenie słuchu, stres, dzwonienie w uszach, zmęczenie, inne w efekcie działania informacji głosowych bądź sygnałów dźwiękowych	Brak ograniczenia emisji hałasu poprzez wpływanie na prawidłowy dobór urządzeń przy projektowaniu lub stosowanie niewłaściwych osłon
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.2.2, 6.2.3, 6.2.4, 6.3.1, 6.3.2.1, 6.3.4.2, 6.4.3 [13]	
Kryteria sprawdzenia	Pomiar hałasu, zapis w instrukcji o konieczności używania ochronników słuchu	

Zagrożenia związane z poruszającymi się częściami będącymi źródłem hałasu [2, 13]

Tabela 6

	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
Pochodzenie zagrożenia – Poruszające się części wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Niewygodą, utrata świadomości, utrata równowagi, trwałe uszkodzenie słuchu, stres, dzwonienie w uszach, zmęczenie,	Brak ograniczenia emisji hałasu poprzez wpływanie na prawidłowy dobór urządzeń przy projektowaniu lub stosowanie niewłaściwych osłon
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.3, 6.2.4, 6.3.2.1, 6.3.4.2, 6.4.3 [13]	
Kryteria sprawdzenia	Pomiar hałasu, zapis w instrukcji o konieczności używania ochronników słuchu	

Należy ograniczyć prędkość przemieszczających się mechanizmów (np. ramię w ładowarkach) aby wyeliminować hałas związany z ruchem.

2.4. Zagrożenia związane z drganiami

Wszystkie ruchome części i ich gniazda powinny być zaprojektowane zgodnie z dobrą praktyką inżynierską z zachowaniem tolerancji przewidzianej dla ruchomych podzespołów (tabela 7).

Zagrożenia związane z brakiem współosiowości ruchomych części [2, 13]

Tabela 7

	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
Pochodzenie zagrożenia – Niewspółosiowość ruchomych części wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Niewygoda, choroby kręgosłupa, zaburzenia neurologiczne, zaburzenia kostno stawowe, uraz kręgosłupa, zaburzenia naczyniowe	Brak ograniczenia emisji drgań poprzez nieprawidłowe zaprojektowanie urządzeń, niestaranny montaż oraz niewłaściwe urządzenia tłumiące
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.2.2, 6.2.3, 6.2.8, 6.3.3.2.1, 6.3.4.3, 6.4.5.1 [13]	
Kryteria sprawdzenia	Pomiar drgań na siedzisku operatora	

Zagrożenia związane z brakiem wyważenia części wirujących [2, 13]

Tabela 8

	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
Pochodzenie zagrożenia – Niewyważone części wirujące wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Niewygoda, choroby kręgosłupa, zaburzenia neurologiczne, zaburzenia kostno stawowe, uraz kręgosłupa, zaburzenia naczyniowe	Nieprawidłowe zaprojektowanie urządzenia, niestaranne wykonanie i montaż oraz niewłaściwe urządzenia tłumiące
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.2.2, 6.2.3, 6.2.8, 6.3.3.2.1, 6.3.4.3, 6.4.5.1 [13]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej, pomiar drgań na siedzisku operatora	

Wirujące części zabudowane w maszynie powinny zostać wyważone (tabela 8) oraz należy zastosować dodatkowe środki ochronne:

- urządzenia tłumienia drgań w postaci poduszek gumowych pod silnik elektryczny i przekładnie,
- zawieszenie na sprężynach siedziska operatora.

2.5. Zagrożenia związane z zasadami ergonomii

Konstrukcja maszyny górniczej powinna zapewniać obsłudze (tabela 9):

- łatwość dostępu do poszczególnych podzespołów z uwzględnieniem otoczenia i wymiarów ludzkiego ciała, łącznie z wymiarami odzieży roboczej i używanych narzędzi,
- łatwość przemieszczania się po konstrukcji maszyny z uwzględnieniem możliwości fizycznych człowieka,
- ograniczenie liczby narzędzi specjalnych i wyposażenia specjalnego (opis stosowanych narzędzi powinien być zawarty w instrukcji dołączonej do maszyny),
- dostępność do punktów kontrolnych i smarowniczych (opis w instrukcji).

Zagrożenia związane z brakiem dostępności [2, 13]

Tabela 9

	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
Pochodzenie zagrożenia – Dostępność wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Niewygodna, zmęczenie, zaburzenia kostno szkieletowe, stres, inne jako konsekwencja błędu człowieka	Niewłaściwy dobór cech konstrukcyjnych maszyny nie uwzględniających czynnika ludzkiego
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.2.1, 6.2.7, 6.2.8, 6.3.2.1, 6.3.3.2.1 [13]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej	

Na stanowisku operatora powinny być rozmieszczone wskaźniki i elementy sterownicze, które:

- zapewniają odczyt wskazywanych parametrów, bez przyjmowania uciążliwej pozycji ciała przez obsługującego,
- są widoczne, rozpoznawalne i odpowiednio oznakowane,
- zapewniają bezpieczną obsługę, bez wahania i wątpliwości lub straty czasu,
- poruszają się zgodnie z sygnałem sterowania,
- zakresem ruchu i oporów aktywizacji powinny być dostosowane do obsługującego.

Przy projektowaniu powinny być uwzględnione zasady ergonomii w celu zmniejszenia obciążenia psychicznego, fizycznego oraz wysiłku obsługującego poprzez (tabela 10):

- ograniczenie hałasu, drgań i efektów termicznych,
- dobór, umiejscowienie i rozpoznawalność wskaźników dostosowanych do możliwości postrzegania przez człowieka ze stanowiska sterowania,
- dobór, umiejscowienie, rozpoznawalność i oznakowanie elementów sterowniczych ręcznych, z ograniczeniem potrzebnej siły do ich przestawienia o ruchu zgodnym z efektami sterowania,

- dostępność przycisków ze stanowiska sterowania,
- widoczność ze stanowiska operatora osób mogących się pojawić w strefach zagrożenia.

W miejscu pracy maszyny może być zabudowane oświetlenie ogólne (tabela 10). Emitowane przez nie światło jest przeważnie niewystarczające do oświetlenia miejsca pracy. Każda osoba obsługi posiada własną lampę oświetleniową, a na maszynie może być zabudowany reflektor, pozwalający na uniknięcie migotania światła oraz nie dający efektu stroboskopowego. Olsnienie światłem można uniknąć poprzez właściwe ustawienie reflektora (opis w instrukcji).

Zagrożenia związane z brakiem widoczności [2, 13]

Tabela 10

	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
Pochodzenie zagrożenia – Widoczność wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Niewygodna, zmęczenie, zaburzenia kostno szkieletowe, stres, inne jako konsekwencja błędu człowieka	Niewłaściwy dobór cech konstrukcyjnych maszyny nie uwzględniających czynnika ludzkiego
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.2.1, 6.2.7, 6.2.8, 6.3.2.1, 6.3.3.2.1 [13]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej oraz sprawdzenie widoczności ze stanowiska sterowniczego	

Większość maszyn górniczych nie działa w automatycznym rytmie pracy. Przeważnie są pasywne, a ich działanie wynika ze sterowania nimi przez operatora. Warunki górnicze nigdy nie wymuszają na operatorze nużących i stale powtarzających się czynności. W instrukcji powinien być zawarty opis działania maszyny i jej funkcji sterowniczych.

W niniejszym punkcie podano wybrane przykłady zagrożeń wynikających z nie uwzględniania ergonomii, które należy eliminować na etapie projektowania. Pozostałe zagrożenia związane z ergonomią wskazane w normie [13] należy uwzględnić i wskazać sposoby ich uniknięcia.

2.6. Zagrożenia związane ze środowiskiem

Zwykle maszyna górnicza i jej wyposażenie powinno być dostosowane do pracy w temperaturze otoczenia od -20°C do $+40^{\circ}\text{C}$, przy wilgotności względnej do 95% przy 20°C . Zakres warunków środowiskowych jest związany z miejscem jej pracy w wyrobiskach podziemnych kopalni i jest zgodny z normą PN-EN 60079-0:2013-03 [8] dotyczącą urządzeń elektrycznych stanowiących wyposażenie maszyny (tabela 11).

Zagrożenia związane z wilgocią i temperaturą [2, 13]

Tabela 11

Pochodzenie zagrożenia – Wilgoć, temperatura wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
	Nieprawidłowa praca urządzeń elektrycznych	Niewłaściwy dobór cech konstrukcyjnych urządzenia nie uwzględniających warunków środowiskowych
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.2.1, 6.4.5.1 [13]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej	

Wyposażenie elektryczne maszyny powinno posiadać stopień ochrony, zapewniany przez obudowy, przed wnikaniem ciał stałych i wody co najmniej IP54. Elementy maszyny powinny być pokryte warstwą ochronną i odporne na korozję.

Zagrożenie zjawiskiem elektromagnetycznym jest związane z oddziaływaniem silnego pola magnetycznego na człowieka oraz z indukowaniem się prądu elektrycznego podczas rozłączania obwodów siłowych zasilających silniki i transformatory dużej mocy.

Zagrożenia związane z zakłóceniami elektromagnetycznymi [2, 13]

Tabela 12

Pochodzenie zagrożenia – Zakłócenia elektromagnetyczne wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
	Konsekwencja działania źródła zagrożenia w urządzeniu lub jego części	Niewłaściwy dobór cech konstrukcyjnych urządzenia nie uwzględniający warunków środowiskowych
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora i osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.11, 6.3.3.2, 6.3.5.4 [13] – PN-EN 61000-6-2 [11] (odporność na środowisko przemysłowe) – PN-EN 61000-6-4 [12] (wymagania dotyczące emisji)	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej Sprawdzenie funkcjonalności wg PN-EN 60204-1:2010 punkt 7.9 [10], badanie odporności wg normy PN-EN 61000-6-2 [11] oraz emisji zakłóceń wg normy PN-EN 61000-6-4 [12]	

Urządzenia elektryczne pracujące w środowisku przemysłowym (tabela 12) zasilane z sieci przemysłowej powinny spełniać określone przez konstruktorów wymagania dotyczące emisji elektromagnetycznej mogącej powodować zakłócenia w pracy innych urządzeń oraz wykazywać się odpornością na zjawiska elektromagnetyczne powodowane przez inne urządzenia występujące ciągle lub przejściowo w danym środowisku oraz na wyładowania elektrostatyczne. Badanie urządzenia przeprowadza się po wykonaniu prototypu.

Norma PN-EN ISO 12100:2012 [13] odnosi się do wymagań dotyczących osłon. Zastosowanie osłon metalowych rozprasza i ogranicza oddziaływanie silnych pól elektromagnetycznych. Osłony projektuje się na etapie wykonywania dokumentacji technicznej.

Wypożyczenie elektryczne maszyny powinno być zabezpieczone przed skutkami zakłóceń elektromagnetycznych mogących wystąpić pod wpływem określonego środowiska. Elementy wyposażenia elektrycznego powinny być opisane w instrukcji.

2.7. Zagrożenia elektryczne

W skład wyposażenia elektrycznego maszyn wchodzi aparatura łączeniowa. Podczas przełączania obwodów siłowych może dochodzić do pojawiania się pomiędzy stykami łączników łuku elektrycznego. Norma PN-EN ISO 12100:2012 [13] omawiająca zasady bezpieczeństwa podczas projektowania maszyn, w punkcie 6.2.9 odnosi się do zagrożeń elektrycznych, wymienionych w normie PN-EN 60204-1:2010 [10], którą należy posługiwać się podczas doboru elementów wyposażenia elektrycznego. Norma PN-EN 60204-1:2010 [10] określa wymagania dotyczące:

- rozłączania i załączania obwodów elektrycznych – punkt 5,
- ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym – punkt 5,
- wprowadzenia przewodów zasilających do skrzyń aparaturowych, przekrojów i obciążalności przewodów – punkt 5,
- zacisków przewodów ochronnych – punkt 5,
- odłączników izolujących od zasilania urządzenia maszyny – punkt 5,
- urządzeń zapewniających ochronę przed załączeniem nieuprawnionym, przypadkowym i/lub pomyłkowym – punkt 5,
- ochrony wyposażenia elektrycznego za pomocą zabezpieczeń:
 - nadprądowych – punkt 7,
 - przeciążeniowych – punkt 7,
 - temperaturowych (przed nadmiernym wzrostem temperatury) – punkt 7,
 - przed przerwą w zasilaniu lub obniżeniem napięcia i jego powrotem – punkt 7,
 - pomiaru rezystancji doziemnej lub upływowej – punkt 7,
- podłączenia do obwodów wyrównawczych i ochronnych – punkt 8.2,
- obwodów sterowniczych i zatrzymania awaryjnego – punkt 9,
- stopnia ochrony przed wnikaniem wody i ciał stałych – punkt 11.3,
- izolacji i wielkości napięć probierczych stosowanych do pomiaru rezystancji izolacji – punkt 12.3,
- oznakowania ostrzegawczego, działania oraz identyfikacji funkcji łączników – punkt 16.

Przy projektowaniu wyposażenia elektrycznego maszyn górniczych należy posługiwać się dodatkowo normami dotyczącymi urządzeń elektrycznych przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

Norma PN-EN ISO 60079-0:2013-02 [8], w punkcie 8.2, określa skład materiałowy z jakiego mogą być wykonane osłony budowy przeciwwybuchowej, a w punkcie 26.4 są zawarte wymagania dotyczące stopni ochrony IP zapewnianych przez obudowy.

W normie PN-EN 60079-1:2014-12 [9], w punkcie 15, są określone wymagania dotyczące długości złączy ognioszczelnych nieprzenoszących wybuch, natomiast w punkcie 17 są określone wymagania dotyczące aparatury łączeniowej dla grupy I, zawierające środki odłączające obwody od zasilania elektrycznego podczas otwierania osłon ognioszczelnych.

Realizacja postanowień zawartych w normach oraz zastosowanie aparatury o parametrach dostosowanych do warunków pracy maszyny powoduje ograniczenie dostępu do miejsc potencjalnie niebezpiecznych, szczególnie narażonych na możliwość pojawienia się łuku elektrycznego (tabela 13). Podjęte działania na etapie projektowania, poprzez dobór aparatury i osłon, zgodne z tabelą B1 normy PN-EN 12100:2012 [13], minimalizują ryzyko związane z zagrożeniem łukiem elektrycznym. Dzięki zastosowaniu środków ochronnych eliminowane są zagrożenia i podejmowane są działania zapewniające bezpieczne użytkowanie maszyny przez operatora oraz obsługę wyposażenia elektrycznego.

Zagrożenie elektryczne związane z łukiem elektrycznym [2, 13]

Tabela 13

	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
Pochodzenie zagrożenia – Łuk wg PN-EN ISO 12100:2012 tabela B1 [13]	Oparzenia, ogień, wyrzut stopionych cząstek metali, upadek, promieniowanie termiczne	Nieprawidłowy dobór urządzeń do warunków zasilania (moc zwarciova)
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora oraz osoby znajdujące się w strefie oddziaływania maszyny	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.9 [13] – PN-EN 60204-1:2010 punkt 5, 7, 8.2, 9, 11.3, 12.3, 16.2 [10] – PN-EN 60079-0:2013-03 punkt 8.2, 26.4.5 [8] – PN-EN 60079-1:2014-12 punkt 15.2, 17 [9]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej	

Poprzez zagrożenie częściami czynnymi należy rozumieć dostęp do nieosłoniętych oraz nieizolowanych, będących pod napięciem i przewodzących prąd, elementów obwodu elektrycznego. Dostęp do nieosłoniętych elementów powoduje dla obsługi zagrożenie porażenia prądem elektrycznym oraz możliwość wystąpienia przypadkowego zwarcia poprzez zetknięcie się części czynnych z metalowymi częściami konstrukcji maszyny.

Zagrożenie elektryczne związane z częściami czynnymi [2, 13]

Tabela 14

Pochodzenie zagrożenia – Części czynne	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Śmiertelne porażenie prądem, porażenie prądem, oparzenia, wpływ na implanty, upadek, rzucenie	Dotknięcie przez obsługę części, które są czynne – przewodzą prąd podczas pracy, stały się czynne na skutek defektu
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora oraz obsługę wyposażenia elektrycznego	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 [9] punkt 6.2.9, 6.3.3.2 [13], – PN-EN 60204-1:2010 [6] punkt 5.3, 6.2, 7.7, 11.3, 12.3, 16.2 [10]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej Badanie wg PN-EN 60204-1:2010 punkt 18.3 [10] Badanie wg PN-EN 60204-1:2010 [6] punkt 18.4 [10]	

W normie PN-EN ISO 12100:2012 [13] do eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka związanego z dostępnością elementów pod napięciem, w punkcie 6.2.9, zaleca się wyposażenie aparatury elektrycznej w ochronę przed porażeniem elektrycznym w postaci osłon (tabela 14). Norma PN-EN 60204-1:2010 [10] w punktach 5.3, 6.2, 7.7, 11.3, 12.3, 16.2 uzupełnia powyższe zalecenie, o:

- urządzenia izolujące i odłączające maszynę od zasilania,
- ochronę przed dotykiem bezpośrednim:
 - zapewnianą przez obudowę, do której jest możliwy dostęp przy użyciu specjalnych narzędzi,
 - odłączanie części czynnych przed otwarciem osłony,
 - zastosowanie stopni ochrony,
 - izolowanie części czynnych,
- ochronę przed dotykiem pośrednim, poprzez zastosowanie :
 - środków zapobiegających pojawieniu się napięć dotyku – przez zastosowanie odpowiedniej izolacji,
 - separacji obwodów elektrycznych,
 - środków samoczynnego odłączania od zasilania.

Sprawdzenie powyższych kryteriów odbywa się poprzez weryfikację dokumentacji technicznej, pomiar rezystancji izolacji oraz jej wytrzymałości elektrycznej.

Na etapie projektowania przeprowadza się dobór aparatury elektrycznej oraz jej rozmieszczenie w korpusach osłon tak, aby zachować właściwą odległość pomiędzy częściami będącymi pod napięciem a uziemionymi częściami maszyny.

Zagrożenie elektryczne związane z niewystarczającą odległością od miejsc czynnych pod napięciem [2, 13]

Tabela 15

Pochodzenie zagrożenia – Niewystarczająca odległość od miejsc czynnych pod napięciem wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
	Śmiertelne porażenie prądem, porażenie prądem, oparzenia, upadek, rzucenie, wpływ na implanty	Zbliżenie się człowieka do części czynnych, będących pod napięciem
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora oraz obsługę wyposażenia elektrycznego	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 punkt 6.2.9, 6.3.3 [13] – PN-EN 60204-1:2010 [2] punkt 6.2, 6.3, 7.7, 8, 9, 11.3, 11.4, 12.3, 16.2 [10]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej Badanie wg PN-EN 60204-1:2010 punkt 18.3 [10] Badanie wg PN-EN 60204-1:2010 punkt 18.4 [10]	

Zachowanie właściwych odległości w powietrzu i po izolacji zapewnia ochronę przeciwporażeniową oraz upływową (tabela 15). Sprawdzanie odbywa się przez pomiar odległości i porównanie jej z danymi podanymi we właściwych normach.

Maszyny górnicze są wyposażone w silniki napędowe przewidziane do określonego poboru mocy.

Zagrożenie elektryczne związane z przeciążeniem [2, 13]

Tabela 16

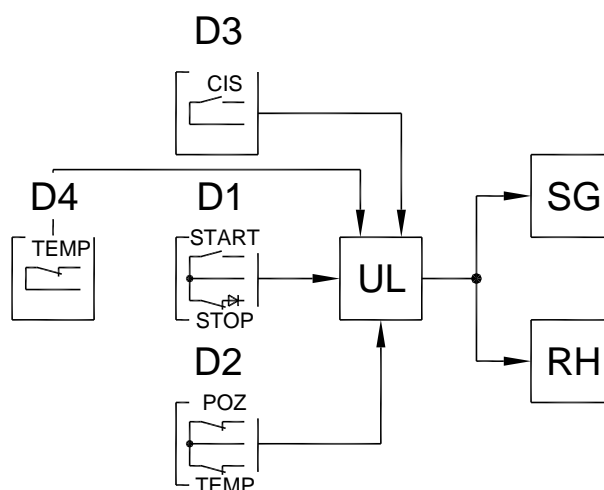
Pochodzenie zagrożenia – Przeciążenie wg PN-EN ISO 12100:2012 tab. B1 [13]	Potencjalne konsekwencje	Przyczyna
	Oparzenia, ogień, porażenie prądem	Dotknięcie przez obsługę części, które stały się czynne na skutek defektu, izolacja nieodpowiednia do dających się w sposób rozsądny przewidzieć warunków użytkowania, promieniowanie ciepłe
Cel	Zapewnienie bezpiecznego użytkowania maszyny przez operatora oraz obsługę wyposażenia elektrycznego	
Podjęte kroki w celu eliminacji ryzyka lub ograniczenia ryzyka	Zastosowano środki zgodne z: – PN-EN ISO 12100:2012 [2] punkt 6.2.9 [13] – PN-EN 60204-1:2010 [2] punkt 7.3.2, 7.4, 12.4, 14.5, 16.4, 17.7 [10]	
Kryteria sprawdzenia	Sprawdzenie dokumentacji technicznej Badanie wg PN-EN 60204-1:2010 punkt 18.3 [10] Badanie wg PN-EN 60204-1:2010 punkt 18.4 [10] Badanie wg PN-EN 60204-1:2010 zał. D [10]	

W obwodach zasilania urządzeń odbiorczych są zabezpieczenia zwarciovowe i przeciążeniowe.

2.8. Zagrożenia spowodowane układem sterowania

W procesie oceny ryzyka należy również uwzględnić zagrożenia związane z układem sterowania. Na rysunku 2 pokazano przykładowy schemat układu sterowania maszyny. Układ pełni następujące funkcje:

- załącza maszynę łącznikiem START umieszczonym w łączniku D1,
- wyłącza maszyny łącznikiem STOP umieszczonym w łączniku D1,
- kontroluje parametry pracy maszyny – czujniku D2, kontrola poziomu i temperatury oleju hydraulicznego w zbiorniku oleju,
- załącza sygnalizację dźwiękową, przy jeździe do tyłu, przez czujnik D3 – kontrola ciśnienia oleju,
- kontroluje ciągłość żyły uziemiającej poprowadzonej do silnika i temperatury silnika, przez czujnik D4 – kontrola temperatury uzwojeń silnika.



Rys. 2. Schemat blokowy układu sterowania [opracowanie własne]

Gdzie:

- D1 – pulpit sterowniczy S2 oraz styk załączania START i wyłączania STOP,
- D2 – czujnik poziomu i temperatury oleju hydraulicznego w zbiorniku oleju,
- D3 – czujnik ciśnienia oleju (załączenie sygnalizacji dźwiękowej i/lub świetlnej przy jeździe do tyłu),
- D4 – czujnik temperatury uzwojeń silnika,
- UL – układ logiczny,
- SG – układ wyjściowy – stycznik załączający,
- RH – układ wyjściowy – rozdzielacz elektrohydrauliczny, zamknięty w czasie pracy maszyny, przy otwarciu kieruje spływ oleju z układu hydraulicznego do zbiornika.

Łączniki i czujniki współpracują z układem logicznym UL, który steruje układem wyjściowym, tj. stycznikiem SG oraz rozdzielaczem elektrohydraulicznym RH. Rozdzielacz RH jest zamknięty przy załączonym styczniku SG, a przy wyłączonym styczniku SG kieruje spływem oleju z układu hydraulicznego do zbiornika. Układ logiczny UL kontroluje ciągłość żyły uziemiającej poprowadzonej do silnika oraz temperaturę uzwojeń silnika elektrycznego.

Układowi sterowania można przypisać kategorię 1 – struktura jednokanałowa z układem diagnostycznym wykrywającym utratę funkcji bezpieczeństwa. Wyłączenie rozdzielacza RH realizuje funkcję zatrzymania awaryjnego.

Tego typu układy sterowania są powszechnie używane w maszynach górniczych, sprawdzają się i są pewne.

3. Podsumowanie

W artykule przedstawiono zagrożenia związane z maszynami górniczymi. Na wybranych przykładach omówiono sposób ich eliminacji. Identyfikację zagrożeń omówiono na podstawie zapisów zawartych w normach dotyczących bezpieczeństwa maszyn. Normy dotyczące danej grupy maszyn w sposób ścisły określają jakie specyficzne wymagania powinny być spełnione. Natomiast normy dotyczące wyposażenia elektrycznego określają wymagania dotyczące osłon i parametrów elektrycznych obwodów. Spełnienie tych wymagań oraz doświadczenie pozwalają na eliminację zagrożeń już na etapie projektowania. Dodatkowo, normy dotyczące bezpieczeństwa, ułatwiają przeprowadzenie w sposób prawidłowy ocenę ryzyka, której wynik pozwala na wprowadzenie środków ograniczających ryzyko związane ze wszystkimi zagrożeniami dotyczącymi danej maszyny do poziomu akceptowalnego.

Literatura

- [1] Figiel A.: Ocena ryzyka w procesie projektowania maszyn i urządzeń przeznaczonych do stosowania w zakładach górniczych KOMTECH 2014, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo – Efektywność, ITG KOMAG, Gliwice 2014 s. 291-302, ISBN 978-83-60708-83-5
- [2] Ocena ryzyka – Spągłodowarka BH 3000 ITG KOMAG 2017 (opracowanie własne)
- [3] Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/34/UE z dnia 26 lutego w sprawie harmonizacji ustawodawstwa państw członkowskich odnoszących się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze wybuchowej
- [5] Dyrektywa 2004/108/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 grudnia 2004 w sprawie zbliżenia ustawodawstwa Państw Członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej oraz uchylającą dyrektywę 89/336/EWG
- [6] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 9 czerwca 2017 w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych
- [7] PN-EN 12111:2014-07 Maszyny do drażenia tuneli – Kombajny chodnikowe i maszyny do urabiania ciągłego – Wymagania bezpieczeństwa
- [8] PN-EN 60079-0:2013-03 Atmosfery wybuchowe – Część 0: Urządzenia – Podstawowe wymagania
- [9] PN-EN 60079-1:2014-12 Atmosfery wybuchowe – Część 1: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą osłon ognioszczelnych „d”
- [10] PN-EN 60204-1:2010 Bezpieczeństwo maszyn – Wyposażenie elektryczne maszyn – Część 1: Wymagania ogólne

- [11] PN-EN 61000-6-2:2008 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 6-2: Normy ogólne – Odporność w środowiskach przemysłowych
- [12] PN-EN 61000-6-4:2008 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 6-4 Normy ogólne – Norma emisji w środowisku przemysłowym
- [13] PN-EN ISO 12100:2012 Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka
- [14] PN-EN ISO 80079-36:2016-07 Atmosfery wybuchowe – Część 36: Urządzenia nieelektryczne do atmosfer wybuchowych – Metodyka i wymagania

Czy wiesz, że

...międzynarodowa grupa kapitałowa Glencore, po wielu staraniach, zdołała wreszcie zakupić od firmy Rio Tinto kopalnię w dolinie Hunter, położoną w regionie Nowej Południowej Walii w Australii. Ogłoszono, że została już podpisana umowa z Yancoal Australia, spółką zależną China Yanzhou Coal Mining, w sprawie nabycia 49% udziałów w kopalni węgla Hunter Valley Operations i utworzenia wspólnego przedsięwzięcia, po tym jak Yancoal przejęła część Rio's Coal & Allied na kwotę 2,69 mln USD. Ostatecznie Glencore wykupi 32% udziałów w kopalni Mitsubishi i uzyska kolejne 16,6% od firmy Yancoal. Połączone kopalnie Glencore w dolinie Hunter będą osiągały zdolność produkcyjną na poziomie 69 mln ton wysokiej jakości węgla energetycznego rocznie. Wysokie wydobywanie ma na celu zaspokojenie rosnącego popytu w Azji. Według notowań ARA (Amsterdam-Rotterdam-Antwerpia) czy Richards Bay (RPA) cena węgla w lipcu tego roku przekroczyła 85 USD za tonę. W lipcu 2016 roku cena węgla oscylowała wokół 70 USD za tonę. Korzystne zmiany cen tego surowca mogą więc branżę wydobywczą napawać optymizmem.

World Coal 2017 nr 7 s.6