

Kierunki zmian procesowych w systemie zarządzania zmęczeniem pracowników

**Marcin Butlewski,
Agnieszka Miształ**

Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Zarządzania

Abstrakt: W artykule przedstawiono założenia zmian procesowych dla systemu zarządzania zmęczeniem pracowników na przykładzie górników węgla kamiennego. Zidentyfikowano podstawowe czynniki wpływające na zmęczenie podczas robót wykonywanych w podziemnych wyrobiskach węgla kamiennego, które mogą zostać zaklasyfikowane do następujących grup: mikroklimat, hałas i jego składowe, drgania, skład powietrza i ruchy powietrza (przepływ), zmiany ciśnień, oświetlenie, promieniowanie, zapylenie, maszyny i środki techniczne, czynniki psychospołeczne, w tym stres wynikający z poczucia zagrożenia życia, inne, jak np. organizacja pracy, stresory życia prywatnego, czynniki osobnicze. Wśród czynników wywołujących zmęczenie szczególnie ważny okazał się czas dojazdu do i z pracy. Zaproponowane działania w ramach zarządzania zmęczeniem oparto na analizie zależności między parami zmiennych, gdzie dla każdej pary wyznaczono kierunek oddziaływania połączenia danych dwóch czynników na zmęczenie oraz jego siły. W ten sposób uzyskano macierz czynników wpływających na zmęczenie wśród pracowników, co z kolei pozwoliło na zbudowanie założeń dla systemu zarządzania zmęczeniem pracowników. W ramach koncepcji systemu zaproponowano rozpoznawanie stanów psychomotorycznych wskazujących na poziom zmęczenia.

Słowa kluczowe: zmęczenie pracowników, zarządzanie zmęczeniem pracowników, zarządzanie bezpieczeństwem pracy, praca w górnictwie

1. Wprowadzenie

Celem działania organizacji jest optymalne wykorzystanie posiadanych zasobów. Najważniejszym zasobem prawie w każdej organizacji są ludzie, wymieniani jako jeden z kilku podstawowych czynników rozwoju wewnętrznego przedsiębiorstwa (Wyrwicka, Jaźwińska, 2014), stąd wynika więc potrzeba odpowiedniego gospodarowania pracą ludzką oraz poszczególnymi jej wymiarami. Może się to odbywać między innymi poprzez odpowiednie: zarządzanie czasem (np. czasem przerw), zarządzanie bezpieczeństwem pracy (np. opty-

Korespondencja:
Marcin Butlewski
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Zarządzania
Katedra Ergonomii i Inżynierii Jakości
pl. Marii Skłodowskiej-Curie 5
60-965 Poznań, Poland
Tel. +48 61 665 33 77
E-mail:
marcin.butlewski@put.poznan.pl

malizacja narażenia poprzez rotacje na stanowiskach o różnym czasie ekspozycji na dany czynnik) czy też systemy motywacyjne dla pracowników.

Rosnące zapotrzebowanie na bezpieczne i ergonomiczne warunki pracy, wzmacniane zmianami demograficznymi, również zmusza przedsiębiorstwa do wdrażania systemów pozwalających na zarządzanie skutkami pracy, jakim mogą być narastające dolegliwości zdrowotne (*Work-related Musculoskeletal Disorders – WMSDs*) oraz szeroko pojęte zmęczenie, które będzie rozumiane jako spadek zdolności do wykonywania pracy (ISO/TR 22100-3). Zarządzanie zmęczeniem ma szczególne znaczenie w przypadku prac bardzo niebezpiecznych, gdzie z uwagi na środowisko i treść pracy wymagana jest znaczna sprawność pracownika przez całą zmianę roboczą. Taka sytuacja zachodzi w przypadku prac podziemnych, na przykład przy pozyskiwaniu surowca w wyrobiskach węgla kamiennego.

Niniejszy artykuł powstał w ramach projektu strategicznego na rzecz bezpieczeństwa pracy w kopalniach pt. *Opracowanie systemu zarządzania zmęczeniem u pracowników zatrudnionych w wyrobiskach podziemnych zakładów górniczych wydobywających węgiel kamienny*.

Celem artykułu jest przedstawienie projektu zmian procesowych rekomendowanych na potrzeby wdrożenia systemu zarządzania zmęczeniem pracowników wykonujących prace szczególnie niebezpieczne. Założenia dla zmian procesowych opracowano na podstawie wyników badań empirycznych prowadzonych dla pracowników podziemnych wyrobisk węgla kamiennego.

2. Zmiana procesowa a system zarządzania

Każde przedsiębiorstwo stanowi otwarty system znajdujący się w stanie wzajemnego oddziaływania ze swoim otoczeniem. System ten posiada zróżnicowane funkcje, co powoduje wielorakość wzajemnego oddziaływania między przedsiębiorstwem a otoczeniem. Otoczenie przedsiębiorstwa stawia określone wymagania i tym samym ogranicza swobodę przedsiębiorstwa. Ponadto system stanowiący przedsiębiorstwo składa się z wielu wzajemnie na siebie oddziałujących podsystemów. Przedsiębiorstwo nie jest bowiem tylko zbiorem jednostek organizacyjnych, grup społecznych oraz maszyn i urządzeń, ponieważ ważną rolę odgrywają w nim wzajemne oddziaływania – struktury i procesy. Zachowania pracowników bardziej zależą od struktur i procedur, do których się racjonalnie dostosowują, niż od tego, jacy ci pracownicy są indywidualnie (Trzcieniecki, 1979; Koźmiński, Piotrowski, 1995). Wynika stąd konieczność systemowego podejścia do problemu zarządzania, a drogą do tego może być analiza systemów.

W analizie systemów problem badawczy polega na ustaleniu istniejących sprzężeń, następnie na stwierdzeniu, jak są one silne i zbadaniu możliwości sterowania takim układem. W odniesieniu do systemu zarządzania ustalenie sprzężeń odnosi się do jego pięciu podstawowych funkcji, tj. planowania, organizowania, motywowania, kontroli i doskonalenia. Podejście systemowe polega zatem na identyfikowaniu, rozumieniu i zarządzaniu systemem wzajemnie powiązanych procesów w celu osiągnięcia maksymalnej efektywności i skuteczności przy realizacji zaplanowanych przedsięwzięć. Kluczowymi korzyściami podejścia systemowego w zarządzaniu według komitetu technicznego ISO są (ISO/TC 176, 2015):

- integracja procesów, które najlepiej osiągną pożądaną wyniki;

- zdolność do skupienia wysiłków na kluczowych procesach;
- budowa zaufania zainteresowanych stron poprzez spójność, skuteczność i efektywność organizacji.

Jednocześnie korzyści te mogą być celami w systemie zarządzania. Cechy charakterystyczne uwzględniające elementy systemu organizacyjnego i systemu zarządzania stanowią:

- zakres, cele i zadania, dane wejściowe i dane wyjściowe;
- zasoby ludzkie wraz z określeniem ich kwalifikacji, umiejętności, ale także postaw i zachowań;
- zasoby techniczne, ich możliwości i dane określające poziom wyników ich działania;
- schemat powiązań informacyjnych i materialnych świadczących o relacjach zachodzących pomiędzy elementami składowymi systemu;
- odniesienie do otoczenia i jego wpływu na funkcjonowanie;
- opis funkcjonowania (algorytmy, procedury, instrukcje) odnoszące się do kolejnych funkcji zarządzania i uwzględniające sprzężenia zwrotne pozwalające na realizację dwóch ostatnich funkcji zarządzania (kontroli i doskonalenia) na podstawie danych świadczących o wynikach działania.

Oddziaływanie zmiany procesowej w systemie zarządzania ujawnia się w strukturze systemu, gdzie zasadniczym elementem jest proces. Jest on niezbędny do zarządzania i kształtowania poszczególnych przedsięwzięć, a także wpływania na realizację założonych celów. Podejście procesowe pozwala lepiej zrozumieć poszczególne działania przedsiębiorstwa i trafniej rozdysponować posiadane zasoby. Dotyczy to zarówno ludzi, jak i zasobów materialnych. Dzięki identyfikacji procesów możliwe jest również ich usprawnienie. Znając zakresy realizowanych procesów, łatwiej jest określić zakres obowiązków poszczególnych działów. W następstwie tego możliwa jest weryfikacja procesów i wzmocnienie odpowiedzialności personelu. Podejście procesowe zapewnia, że poszczególne czynności mają wyraźnie określone cele, są planowane, a jakość ich wykonania jest mierzona, przeglądana i doskonalona w powiązaniu z innymi organizacjami (Hamrol, 2008; Kleniewski, 2003). Jednocześnie należy dodać, że w celu osiągnięcia korzyści z podejścia procesowego decyzje i działania powinny być podejmowane na podstawie wiarygodnych danych i informacji. Przy podejmowaniu decyzji trzeba opierać się na wszechstronnej analizie wszelkich dostępnych, zaktualizowanych i zweryfikowanych danych i informacji.

Zmiana z punktu widzenia przedsiębiorstwa także wymaga zdefiniowania. Ewa Więcek-Janka (2006) przeprowadziła literaturową analizę porównawczą definicji zmiany. Najbardziej trafna z punktu widzenia zmian procesowych w systemie zarządzania zmęczeniem pracowników wydaje się definicja Zbigniewa Pietraśńskiego (1971), według której zmianą określa się zastępowanie dotychczasowych stanów rzeczy innymi, ocenianymi dodatnio w świetle określonych kryteriów i składającymi się w sumie na postęp. Kluczowa w tej definicji jest pozytywna ocena proponowanego działania przy użyciu zestawu koherentnych kryteriów, które muszą zostać wyselekcjonowane z uwagi na stopień ich oddziaływania w omawianym systemie zarządzania zmęczeniem pracowników. Dzięki takiemu zdefiniowaniu zmiany uniknie się zmian pozornych, nieprzynoszących korzyści z uwagi na pierwotne założenia systemu.

3. Zjawisko zmęczenia pracowników w kopalniach węgla kamiennego

Przyjmuje się, że zmęczenie to stan przejściowy zmniejszenia zdolności do aktywności, o charakterze przyrostowym, pojawiający się w wyniku wysiłku: fizycznego, poznawczego i emocjonalnego, będącego efektem zmian fizjologicznych zachodzących w organizmie człowieka (ISO/TR 22100-3). Zmęczenie może przybierać formy zarówno objawowe, jak i bez widocznych objawów, jednak zawsze rozważane będzie poprzez deficyt pewnych własności, na przykład niedotlenienie czy też wyczerpanie się rezerw energetycznych. Własności te mogą być w zakresie rzeczywistych zasobów, jak i pewnego ich potencjału, dlatego zmęczenie jest objawem zarówno nadmiernego, jak i niewystarczającego obciążenia ruchowego (Jørgensen, Fallentin, Kroch-lund, Jensen, 1988). Obciążenie i wynikające z niego zmęczenie dotyczy całego ciała, jak i poszczególnych jego partii (Jonsson, 1984). Wiele badań wskazuje na wpływ zmęczenia na sprawność psychomotoryczną pracownika i zależność między zmęczeniem a niezawodnością człowieka (Braver i in., 1992; Butlewski, Dahlke, Drzewiecka, Pacholski, 2015). Pomimo występowania zjawiska wynikającego z braku działania zmęczenie postrzega się przez pryzmat odpoczynku i jego długości niezbędnej do usunięcia jego skutków (ISO/DIS 6385).

Środowisko pracy w kopalni jest związane ze szczególnymi warunkami będącymi źródłem zmęczenia dla górników oraz źródłem wypadkowości. Najczęściej należą do nich (Konopko [red.], 2013, s. 34–35):

- brak naturalnego słonecznego oświetlenia;
- niewygodna (ciasna) przestrzeń w miejscu pracy;
- atmosfera o dużej wilgotności, silnie zapyłona, o obniżonej zawartości tlenu, zanieczyszczona gazami kopalnianymi;
- stały przepływ powietrza (w wyrobiskach wybierkowych – do 5 m/s, w wyrobiskach korytarzowych – do 8 m/s, w szybach i szybikach podczas jazdy ludzi – do 12 m/s);
- zwiększone ciśnienie powietrza w związku z głębokością;
- stała zmiana miejsca pracy (wynikająca z przemieszczania się przodków chodnikowych i eksploatacyjnych);
- zaburzenia struktury górotworu (czego efektem są odpadające bryły skalne);
- wycieki bądź wykroplenia wody ze stropu wyrobisk;
- nachylenia pokładów i wyrobisk w nich wykonywanych;
- hałas i wibracje maszyn oraz urządzeń do urabiania i odstawy urobku;
- podwyższona temperatura;
- duże nasilenie transportu w ograniczonych gabarytowo i ilościowo wyrobiskach;
- zagrożenia naturalne (tąpnięciami, metanem, pożarem, wybuchami metanu i pyłu węglowego, wyrzutami gazów, skał i innymi);
- fizyczne zmęczenie pracowników wykonujących swoje zadania w wyżej wymienionych warunkach.

Na podstawie analizy dostępnej literatury przedmiotu (m.in. Słota, 2011, s. 11; Grzesik, 2011, s. 43, 130–132; Konopko [red.], 2013, s. 273; Trenczek, 2007, s. 4; Rosiek, Sikora, Urbański, 2000, s. 93; Szparaga, 1998, s. 40–43; Gierlotka, 2002, s. 25–26; Szlązak, Obracaj,

2004, s. 27; Turek, 2009; Macek, 2011, s. 580) zestawiono czynniki wpływające na zmęczenie pracowników zatrudnionych w górnictwie, które można ująć w następujących grupach:

- mikroklimat,
- hałas i jego składowe,
- drgania,
- skład powietrza i ruchy powietrza (przepływ),
- zmiany ciśnień,
- oświetlenie,
- promieniowanie,
- zapylenie,
- maszyny i środki techniczne,
- czynniki psychospołeczne, w tym stres wynikający z poczucia zagrożenia życia,
- inne, jak np. organizacja pracy, stresory życia prywatnego, czynniki osobnicze.

Dotychczas opracowane rozwiązania ukierunkowane na zmniejszenie zagrożeń wynikających ze zmęczenia wśród pracowników kopalń można ponadto podzielić na następujące kategorie:

- odpowiednie normowanie pracy;
- minimalizowanie zmęczenia poprzez naukę poprawy snu i obniżanie czynników stresowych, które pochodzą z pracy zmianowej;
- monitorowanie parametrów psychomotorycznych;
- poszerzona analiza wypadków wynikających ze zmęczenia.

Aktualnie w Polsce brak jest badań nad systemowym zarządzaniem zmęczeniem pracowników zatrudnionych w górnictwie. Dostępne wyniki badań dotyczą jedynie wybiórczych czynników stanowiących źródła zagrożeń, nie opracowano jednak dotychczas kompleksowego systemu uwzględniającego szerszy zestaw tych czynników. Sytuacja ta powoduje, że na potrzeby opracowania systemu ograniczania zmęczenia pracowników wzorce należy czerpać z dokonań zagranicznych.

W krajach europejskich jednym z częstszych sposobów ograniczania oddziaływania czynników niebezpiecznych jest redukcja czasu przebywania pracownika w tych warunkach, także z uwagi na podwyższone ryzyko narastania zmęczenia. Nie rozwiązuje to jednak wszystkich problemów ze zmęczeniem pracowników wyrobisk podziemnych, dlatego poszukiwane są bardziej systemowe środki zaradcze. Jednym z nich jest odpowiednie niwelowanie obciążenia związanego z pracą zmianową. W tym dokonuje się przeszkolenia pracowników odnośnie do sposobu wypoczywania poprzez nabywanie następujących umiejętności:

- rozpoznawania objawów zaburzeń snu;
- zapewnienia odpowiedniej jakości snu, regenerowania sił w specjalnie do tego zaprojektowanych pomieszczeniach;
- reagowania na sygnały zmęczenia i świadomość jego skutków;
- prowadzenia zdrowego stylu życia i odpowiedniego odżywiania się.

4. Systemy wspomagające ograniczanie konsekwencji zmęczenia pracowników

Systemy przeciwmęczeniowe są naturalną konsekwencją znacznego obciążenia wieloma czynnikami środowiska pracy i obciążającej pracownika treści (Staniec i in., 2014). Wobec braku możliwości zlikwidowania zagrożeń, ograniczenia narażenia na nie oraz redukcji czynników obciążających (praca fizyczna w warunkach gorących) stosuje się szereg rozwiązań systemowych, które mogą być określane jako systemy zarządzania zmęczeniem (Butlewski, Jasiulewicz-Kaczmarek, Misztal, Sławińska, 2015). Zaawansowane systemy przeciwmęczeniowe opierają się na monitorowaniu parametrów fizjologicznych lub czynnościowych pracowników. Do parametrów fizjologicznych świadczących o zmęczeniu będą należeć fluktuacje temperatury głębokiej czy rytmu bicia serca. W przypadku operatorów maszyn mierzeniu mogą podlegać na przykład następujące parametry czynnościowe:

- szybkość i sposób reakcji na bodźce np. świetlne – poprzez mierzenie reakcji prostych;
- zamykanie powiek (zmęczenie charakteryzuje przedłużony czas zamknięcia oczu, tj. dłuższy niż 1,5 sekundy przy prędkości większej niż 6 km/h) lub rozproszenie uwagi przez wydarzenia spoza obszaru obserwacji (czas trwania dłuższy niż 4,5 sekundy przy prędkości większej niż 16 km/h);
- orientacja głowy operatora w przestrzeni;
- ruchy podczas sterowania urządzeniami – zjawisku zmęczenia będą towarzyszyły ruchy korygujące rzadsze i o większym zakresie.

Użytkowane mogą być w tym zakresie również systemy zintegrowane typu ASTiD (*Advisory System for Tired Drivers*). System ASTiD analizuje następujące czynniki w celu określenia zmęczenia (Reynolds, Martinez, Van Latum, 2011):

- rytm dobowy (tj. zegar ciała): ASTiD modeluje naturalną skłonność człowieka do zwiększania lub zmniejszania czujności na podstawie czasu dnia;
- jakość odpoczynku, zawierająca jakość snu i/lub odpoczynku jako czynnik określający zmęczenie zmianowe: ASTiD traktuje te elementy jako czynniki wyjściowe pozwalające na określenie podatności indywidualnej;
- operacyjne analizy cyklu pracy, w szczególności z uwagi na długość i typ: analizowana jest m.in. monotonna jazda, która oddziałuje na czujność operatora, a którą określa się na podstawie danych z czujnika żyroskopu;
- ruch pojazdów i maszyn: ASTiD przetwarza dane z czujnika żyroskopowego w celu określenia stopnia rzeczywistej kontroli nad pojazdem; operatorzy w pełni czujni dokonują wielu drobnych korekt kierownicy prawie nieświadomie, natomiast gdy operatorzy są senni, ruchy stają się rzadsze, a korekty większe.

Algorytmy badają ogólne dane jazdy i wskazują specyficzne działania, które świadczą o zmęczeniu.

Porównanie aktualnych systemów monitorowania symptomów zmęczenia przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Rozwiązania w zakresie systemów monitorujących zmęczenie pracowników
(Table 1. The fatigue monitoring systems solutions)

Nazwa producenta (<i>Producer</i>)	Nazwa systemu (<i>System</i>)	Technologia (<i>Technology</i>)
AcuMine	HaulCheck	Odchylenie od wyznaczonego toru jazdy
Advanced Safety Concepts	PASS	Wykrywanie kiwania głowy
ARRB Transport Research	—	Czas reakcji psychicznej
AssistWare Technology	SafeTRAC	Odchylenie od wyznaczonego toru jazdy
Atlas Research Ltd.	NOVAlert	Analiza napięcia mięśniowego
Attention Technologies	Driver Fatigue Monitor	Wykrywanie mrugnięć powiek
Delphi Corporation	Driver State Monitor	Wykrywanie mrugnięć powiek
International Mining Technologies	Voice Commander System	Czas reakcji psychicznej
Iteris, Inc.	Lane Departure Warning Systems	Odchylenie od wyznaczonego toru jazdy
MCJ	EyeCheck	Zdatność do służby
Mobileye NV	Vision/Radar Sensor	Odchylenie od wyznaczonego toru jazdy
Neurocom	EDVTCS	Przewodność skóry
Ospat Pty	OSPAT	Zdatność do służby
Pernix	ASTID	Analiza operacji sterowania maszyny
Precision Control Design, Inc.	SleepWatch	Monitor aktywności
Muirhead/Remote Control Tech.	Fatigue Warning System	Czas reakcji psychicznej
Security Electronic Systems	Sleep Control Helmet System	Wykrywanie kiwania głowy
Seeing Machines	faceLAB	Funkcja monitorowania oczu
Sleep Diagnostics	Optalert	Funkcja monitorowania oczu
Smart Eye	Smart Eye	Monitorowanie oczu i głowy
SMI	InSight	Monitorowanie oczu i głowy
Welkin	Nap Zapper	Wykrywanie kiwania głowy

Źródło: opracowanie własne autorów na podstawie: Butlewski, Hankiewicz, 2015.

Zestawienie w tabeli 1 wskazuje z jednej strony na dużą liczbę, a z drugiej na różnorodność i wąski zakres zastosowania dostępnych systemów monitorowania symptomów zmęczenia. Poszczególne rozwiązania pełnią funkcję selektywnego narzędzia, które powinno stanowić jedynie część większego rozbudowanego systemu. W analizowanej sytuacji stwierdzono, że zastosowanie tego typu rozwiązań może nastąpić tylko w przypadku nielicznej grupy stanowisk operatorskich, których nie dotyczy znaczna zmienność warunków i sposobów wykonywania pracy. Wobec powyższego na bazie czynnościowych lub fizjologicznych symptomów zmęczenia należy zbudować system, który będzie odporny na czynniki zakłócające.

W zakresie innych rozwiązań przeciwmęczeniowych można wymienić rozwiązania organizacyjne polegające na identyfikacji czynników ryzyka, na przykład poprzez stosowanie list

kontrolnych czy testów psychomotorycznych przed przystąpieniem do pracy. Systemy te jednak mają ograniczone zastosowanie w skrajnie nieprzyjaznych warunkach pracy (silne zapylenie) oraz w przypadku zmienności zadaniowej, jaka występuje w trakcie prac górniczych.

5. Zalecenia zmian procesowych w systemie zarządzania zmęczeniem pracowników

Aby sprecyzować zestaw zaleceń zmian procesowych, który stanowi ramowy program przygotowawczy do wdrożenia systemu zarządzania zmęczeniem pracowników w kopalniach węgla kamiennego, oprócz analizy literaturowej przeprowadzono wiele badań i symulacji obejmujących:

- poszukiwanie zależności między zidentyfikowanymi źródłami zmęczenia, analizę korelacji, w tym ocenę wpływu zidentyfikowanych źródeł zmęczenia pracowników na obciążenie psychiczne i fizyczne;
- analizę źródeł zmęczenia oraz sposobów ich pomiaru i oceny;
- badania zależności między zmęczeniem jako następstwem wysiłku organizmu a poziomem sprawności motorycznej i poznawczej pracownika;
- ustalenie zależności między parami zmiennych (macierz zależności).

Analiza zależności między parami zmiennych przyjęła postać tabelaryczną, gdzie dla każdej pary wyznaczono kierunek wspólnego oddziaływania danych dwóch czynników na zmęczenie. W tabeli 2 przedstawiono symbolicznie fragment macierzy zależności wraz z symbolami kierunku i siły oddziaływania.

W tabeli 2 wartość Δ oznacza zależność negatywną, neutralną lub pozytywną, natomiast siła oddziaływania n przyjmuje wartość od 1 (niskiej) przez 2 (średnią) do 3 (znaczącej). Uwzględniając kluczowe elementy procesów, wyniki prac badawczych oraz zalecane praktyki w zakresie zmniejszania zagrożeń wynikających ze zmęczenia pracowników kopalń, zmiany procesowe w systemie zarządzania zmęczeniem pracowników zatrudnionych w kopalniach powinny obejmować:

1. Uszczegółowienie zakresu, celów i zadań poszczególnych procesów – co pozwoli na ukierunkowanie sposobu przewodzenia pracownikom w celu ograniczenia ich zmęczenia poprzez podejmowanie decyzji na podstawie wyników monitorowania wybranych charakterystyk stanu psychofizycznego pracowników podczas wykonywania określonych czynności.
2. Przeprowadzenie pogłębionej analizy norm pracy i opracowanie zmian wpływających na zmniejszenie ryzyka zmęczenia pracowników zatrudnionych na określonych stanowiskach pracy.
3. Wprowadzenie cyklicznej, poszerzonej analizy wypadków wynikających ze zmęczenia i podejmowania decyzji na podstawie jej wyników – uzupełnienie istniejącej lub opracowanie nowej procedury.
4. Opracowanie systemu monitorującego czynniki zmęczenia, jednocześnie mającego na celu wytyczenie stanowisk szczególnie narażonych na ryzyko nadmiernego oddziaływania określonego czynnika.

Tabela 2. Fragment tabeli zależności
(Tabela 2. Interdependencies matrix – an excerpt)

	Hłas i wibracje maszyn i urządzeń (Noise and vibrations of machines and equipment)	Duże nasilenie w ograniczonych gabarytowo i ilościowo wyrobiskach (High intensification of transport in pits limited in terms of size and quantity)	Poczucie zagrożenia życia (strach) (Sense of threat to life [fear])	Czas dojazdów (codziennie do pracy) (Commute time [daily commuting to workplace])	Dojazdy na początku i na końcu każdego cyklu zmiany – długie dojeżdża do wyrobisk (Commuting at the start and finish of each shift cycle – long walks to pits)
Hłas i wibracje maszyn i urządzeń (Noise and vibrations of machines and equipment)					
Duże nasilenie transportu w ograniczonych gabarytowo i ilościowo wyrobiskach (High intensification of transport in pits limited in terms of size and quantity)	(+; 1)				
Poczucie zagrożenia życia (strach) (Sense of threat to life [fear])	(+; 2)	(+; 2)			
Czas dojazdów (codziennie do pracy) (Commute time [daily commuting to workplace])	(+; 1)	(0; -)	(+; 2)		
Dojazdy na początku i na końcu każdego cyklu zmiany – długie dojeżdża do wyrobisk (Commuting at the start and finish of each shift cycle – long walks to pits)	(-; 1)	(+; 1)	(-; 1)	(0; -)	

Źródło: opracowanie własne.

5. Opracowanie wynikowej listy stanowisk i prac szczególnie powodujących przyrost zmęczenia, które będą stanowiły próbę badawczą podczas wdrażania systemu zarządzania zmęczeniem pracowników.
6. Wdrożenie systemu monitorującego poprzez: ustalenie zasięgu zastosowania systemu, wytycznych odnośnie do jego użytkowania, osób odpowiedzialnych za użytkowanie, przeprowadzenie szkoleń dla użytkowników, wsparcie przy pierwszym zastosowaniu.
7. Opracowanie zależności wynikających z nowych rozwiązań i wprowadzenie ich do schematu powiązań informacyjnych i materialnych między elementami składowymi systemu.
8. Opracowanie zestawu mierników i normatywów pozwalających na ocenę zmęczenia dla analizowanych stanowisk pracy oraz okresowe porównywanie osiągniętych wyników.
9. Opracowanie mierników lub wskaźników świadczących o skuteczności systemu zarządzania zmęczeniem pracowników.
10. Uzupełnienie opisu funkcjonowania (procedur, instrukcji) o nowe lub zmodyfikowane czynności odnoszące się do obniżania zmęczenia, ale także przeprowadzania poszerzonej analizy wypadków, szkoleń i instruktaży, obsługi systemu monitorującego czynniki zmęczenia, systematycznej analizy danych dotyczących czynników zmęczenia i podejmowania decyzji odnośnie do zapobiegania konsekwencjom zmęczenia poszczególnych pracowników oraz analizy mierników skuteczności systemu.
11. Skonfrontowanie wprowadzonych zmian proceduralnych z przedstawicielami załogi, a poprzez to zapewnienie ich akceptacji i pomyślności wdrożenia zmian.
12. Określenie czynności niezbędnych do wykonywania na rzecz zarządzania zmęczeniem pracowników, przypisanie im jasno sprecyzowanych odpowiedzialności, wprowadzenie ich do zakresów obowiązków wraz z poinformowaniem pracowników.
13. Przeprowadzenie szkoleń i instruktaży pracowników w celu pobudzenia przychylnych postaw i zachowań na rzecz systemu zarządzania zmęczeniem.
14. Przeprowadzenie cyklu treningów dotyczących poprawy efektywności snu i obniżania czynników stresowych oraz podnoszenia osobniczych zdolności do ograniczania zmęczenia wynikającego z wykonywanych czynności roboczych.

Rekomendowane zmiany procesowe stanowią fundament wdrożenia systemu zarządzania zmęczeniem pracowników. Należy uwzględnić, że w miarę przeprowadzania poszczególnych zadań pojawi się potrzeba przeprowadzenia dodatkowych czynności, specyficznych dla poszczególnych procesów, a niemożliwych do sprecyzowania na etapie planowania tych działań.

5. Podsumowanie

Konieczność ulepszania procesów i usług, występująca w każdej branży przemysłowej, wymusza wprowadzanie coraz bardziej skomplikowanych systemów informatyczno-zarządczych. Bez nich niemożliwe są zarówno szczupłe, jak i zwinne procesy produkcyjne, jednak ich ograniczenie do sfery zarządzania kapitałem ludzkim, a w szczególności aspektami takimi jak zmęczenie, było dotychczas dość niewielkie. Wydaje się, że w przyszłości niezmiar-

nie ważna stanie się umiejętność rozpoznawania stanów zagrożenia z uwagi na stan czynnika ludzkiego, co pozwoli znacznie ograniczyć problem błędu ludzkiego. Odpowiednio szybkie rozpoznanie ryzykownych zachowań pracowników, spadku zadowolenia z warunków wykonywanej pracy czy też przeciążenia zadaniowego umożliwi wydajne ograniczenie prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku, którego koszty są o wiele większe od tych poniesionych na systemowe działania profilaktyczne.

Bibliografia

- Braver, E.R., Preusser, C.W., Preusser, D.F., Baum, H.M., Beilock, R., Ulmer, R.G. (1992). Long hours and fatigue: A survey of tractor-trailer drivers. *Journal of Public Health Policy*, 13(3), 341–366.
- Butlewski, M., Dahlke, G., Drzewiecka, M., Pacholski, L. (2015). Fatigue of miners as a key factor in the work safety system. *Procedia Manufacturing*, 3, 4732–4739.
- Butlewski, M., Hankiewicz, K. (2015). Psychomotor Performance Monitoring System in the Context of Fatigue and Accident Prevention. *Procedia Manufacturing*, 3, 4860–4867.
- Butlewski, M., Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Misztal, A., Sławińska, M. (2015). Design methods of reducing human error in practice. W: T. Nowakowski, M. Młyńczak, A. Jodejko-Pietruczuk, S. Werbińska-Wojciechowska (eds.). *Safety and Reliability: Methodology and Applications* (s. 11011–1106). Proceedings of the European Safety and Reliability Conference ESREL 2014 Wrocław. London: CRC Press. ISBN 978-113802681-0.
- Gierlotka, S. (2002). Klimatyczne warunki pracy w kopalniach węgla i ich wpływ na możliwość rażenia prądem elektrycznym pracownika dołowego kopalni. *Bezpieczeństwo Pracy*, 3, 26–28.
- Grzesik, J. (2011). *Problemy ochrony zdrowia górników*. Referaty wygłoszone na górniczych konferencjach. Sosnowiec: Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego. ISBN 978-83-931504-2-7.
- Hamroł, A. (2008). *Zarządzanie jakością z przykładami*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN. ISBN 978-83-011537-4-8.
- ISO/DIS 6385. (2016). *Ergonomic principles in the design of work systems*.
- ISO/TC 176. (2015). *Quality Management Principles*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO/TR 22100-3. (2016). *Safety of machinery – Relationship with ISO 12100*. Part 3: *Implementation of ergonomic principles in safety standards*.
- Jonsson, B. (1984). Muscular fatigue and endurance: Basic research and ergonomic applications. W: M. Kuzumoto (ed.). *Neural and Mechanical Control of Movement* (s. 64–76). Kyoto: Yamaguchi Shoten.
- Jørgensen, K., Fallentin, N., Kroch-lund, C., Jensen, B. (1988). Electromyography and fatigue during prolonged, low level static contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 57(3), 316–321.
- Kleniewski, A. (2003). Osiem zasad zarządzania jakością. *Problemy Jakości*, 35(1), 18–21.
- Konopko, W. (red.). (2013). *Bezpieczeństwo pracy w kopalniach węgla kamiennego*. T. 1: *Górnictwo i środowisko*. Katowice: Główny Instytut Górnictwa. ISBN 9788361126607.
- Koźmiński, A.K., Piotrowski, W. (1995). *Zarządzanie. Teoria i praktyka*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN. ISBN 8301118431.
- Macek, D. (2011). *Przepisy prawne i zagrożenia w górnictwie*. Katowice: Wydawnictwo Śląsk. ISBN 9788371646317.
- Pietrasiniński, Z. (1971). Psychologia wprowadzania zmiany. *Wektory*, 1.
- Reynolds, B., Martinez, S., Van Latum, L. (2011). *Current best practices approach to operator fatigue risk management*. White Paper. Modular Mining Systems, Inc.
- Rosiek, F., Sikora, M., Urbański, J. (2000). Wyznaczanie ciśnienia powietrza w kopalniach LGOM. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*, 87, 93–101.
- Słota, Z. (2011). *Określenie wpływu wydatku energetycznego, aklimatyzacji i ubioru na obciążenie termiczne organizmu pracowników w wyrobiskach kopalń podziemnych*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. ISBN 9788373358836.
- Staniec, K., Butlewski, M., Nowicki, M., Kowal, M., Kubal, S., Piotrowski, P. (2014). System zarządzania zmęczeniem u pracowników zatrudnionych w wyrobiskach podziemnych zakładów górniczych wydobywających węgiel kamienny. W: D. Musioł, P. Perzyna (red.). *Poprawa bezpieczeństwa pracy w ko-*

- palniach: teoria i praktyka. Praca zbiorowa.* Gliwice: Politechnika Śląska. Instytut Eksploatacji Złóż. ISBN 9788392625582.
- Szlązak, N., Obracaj, D. (2004). Stan zapylenia powietrza w wyrobiskach ślepych drażonych kombajnami. *Przegląd Górniczy*, 11, 27–33.
- Szparaga, B. (1998). Znowelizowana norma oświetlenia podziemi kopalń. Omówienie zmian i niektórych wymagań. *WUG: Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 3, 40–43.
- Trenczek, S. (2007). Głębokość prowadzenia robót górniczych a zagrożenia aerologiczne. *Przegląd Górniczy*, 63(6), 1–8.
- Trzcieniecki, J. (1979). *Projektowanie systemów zarządzania.* Warszawa: PWN.
- Turek, M. (2009). Eksploatacja podziemna pokładów węgla kamiennego – współczesne wyzwania. Część 5: Maszynowe urabianie skał. *Wiadomości Górnicze*, 60(7–8), 475–485.
- Więcek-Janka, E. (2006). *Zmiany i konflikty w organizacji.* Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. ISBN 8371433700.
- Wyrwicka, M., Jaźwińska, D. (2014). Percepcja uwarunkowań rozwoju przedsiębiorstw. *Economics and Management*, 2, 259–275.

The concept of process changes in the worker fatigue management system

Abstract: The article presents the assumptions of process changes for a worker fatigue management system on the example of coal miners. The main factors influencing fatigue during works performed in underground coal mines are identified and can be categorised into the following groups: microclimate, noise and its components, vibration, air composition and air movement (flow), pressure changes, lighting, radiation, dust, machinery and technical measures, psychosocial factors including stress arising from a feeling of own life being threatened and others, such as work organisation, private life stressors, individual factors. Among the factors

causing fatigue the travel time to and from work was particularly important. The proposed measures regarding fatigue management are based on an analysis of the relationship between pairs of variables, where for each pair the direction of the impact of connecting two given factors on fatigue and its strengths is set. This resulted in the matrix of factors influencing fatigue among employees, which in turn allowed to make assumptions for the worker fatigue management system. Within the concept of the fatigue management system a subdomain of the recognition of psychomotor states of workers as indicators of the fatigue levels was proposed.

Key words: fatigue at work, fatigue risk management, occupational safety and health, mining