

Małgorzata Sławińska

Politechnika Poznańska

Adam Górny

Politechnika Poznańska

Wiedza ergonomiczna w sterowaniu bezpieczeństwem systemu pracy

Ergonomic knowledge on work system safety steering

Streszczenie

Na sprawność funkcjonowania systemu technicznego duży wpływ wywiera sposób działania człowieka. Popełniane przez człowieka błędy stanowią podstawową przyczynę zdarzeń wypadkowych w środowisku pracy. Człowiek często stanowi jedynie ogniwo procesu decyzyjnego mogące zapobiec katastrofie lub zdarzeniu wypadkowemu. Można zatem przyjąć, że stworzenie człowiekowi odpowiednich (ergonomicznych) warunków podejmowania decyzji jest determinantem skuteczności jego działania, pozwalającym na przeciwdziałanie sytuacjom zagrażającym, poprzez podejmowanie rozwiązań służących adekwatniej do potrzeb redukcji ryzyka. W wymaganiach tych istotną rolę przypisuje się kryteriom ergonomicznym.

Bezpieczeństwo systemu to cecha systemu, polegająca na odporności systemu na oddziaływanie czynników wymuszających występowanie zagrożeń bezpieczeństwa. System pracy charakteryzuje w każdej chwili wielkość wyrażająca możliwości systemu (na przykład układu człowiek – system informatyczny) osiągania celów, wykonania częściowych zadań, działania zgodnie z prognozowanym funkcjonowaniem.

W kontekście kompleksowej diagnozy ergonomicznej systemu pracy, wyszczególnionym potencjom można przypisać wymagania ergonomiczne w normatywnym zakresie i do nich odwoływać się w procesie eksploatacji i monitorowania tendencji zmian wskaźników systemowych. Aspekt ergonomiczny jest odpowiednim podejściem w podnoszeniu poziomu bezpieczeństwa pracy. Odnosząc się do procesów przetwarzania informacji, wprowadza się tu czynniki środowiska informacyjnego do badań tendencji zmian wskaźników eksploatacyjnych (nieuszkodzalności, bezpieczeństwa, gotowości, efektywności). Proces sterowania eksploatacją, wzbogacony o wzorce wymagań ergonomicznych w zakresie systemu informacyjnego może stać się

sposobem na zapewnienie wyznaczonych dla danego systemu pracy wymagań bezpieczeństwa.

Słowa kluczowe: *wymagania ergonomiczne, niezawodność bezpieczeństwa, potencjał zagrożenia.*

Abstract

Human way of behavior has a great influence on technical system functioning efficiency. Mistakes made by man are the main cause of random events at the work environment. Often only worker is capable of preventing a catastrophe or a random event. Thus it is possible to assume that creation of suitable (ergonomic) conditions of decision making process determines effectiveness of his actions, allowing prevention of dangerous situations through undertaking adequate solutions needed for risk reduction. Ergonomic determinants take an important role in these requirements.

System safety is an attribute of the system involving defense against effects of factors forcing occurrence of safety threats.

Working system is being characterized, in every moment, by value representing systems capabilities (for example human – information system relation) of achieving goals and fragmentary tasks acting accordingly with assignments.

In context of work system ergonomic analysis, specified potencies can be assigned with ergonomic requirements in normative range and than referred in exploitation process and monitoring tendencies of system indicators changes. Ergonomic aspect is a proper approach in controlling safety. Relating to information processing processes, introduces information environment factors to tendency research of exploitation indicators changes (reliability, safety, readiness, efficiency). Exploitation control process, enriched with models of ergonomic requirements, can become a way to provide indicated, for given work system, safety requirements.

Keywords: *ergonomic requirements, reliability of safety, potential of hazard.*

1. Wprowadzenie

Na sprawność funkcjonowania systemu technicznego duży wpływ wywiera sposób działania człowieka. Od jego sprawności w zasadniczy sposób zależy działanie systemów technicznych oraz liczba zdarzeń związanych z powstawaniem sytuacji zagrożeń w trakcie ich użytkowania. Popełniane przez człowieka błędy stanowią podstawową przyczynę zdarzeń wypadkowych w środowisku pracy. Np. w transporcie błędy popełniane przez człowieka stanowią przyczynę ok. 80% katastrof [5].

Wiadomo również, że praca wykonywana w sposób bezpieczny to nie tylko praca niezawodna. Człowiek często stanowi jedynie ogniwo procesu decyzyjnego mogące zapobiec katastrofie lub zdarzeniu wypadkowemu. Bez udziału człowieka żadne urządzenie techniczne nie może „podjąć” właściwej decyzji. Szczególnie w przypadku nietypowej awarii lub uszkodzenia części technicznej systemu sterowanego działanie człowieka jest konieczne. Nie zastąpi go żadne urządzenie zabezpieczające [6].

Zatem to człowiekowi przypisuje się odpowiedzialność za realizację celów systemowych, pomimo że równocześnie może być najsłabszym ogniwem w systemie. Jednakże który w dogodnych warunkach będzie ostatnim działającym ogniwem systemu? Można zatem przyjąć, że stworzenie człowiekowi odpowiednich (ergonomicznych) warunków podejmowania decyzji jest determinantem skuteczności jego działania, pozwalającym na przeciwdziałanie sytuacjom zagrażającym bezpieczeństwu, poprzez podejmowanie rozwiązań służących adekwatniej do potrzeb redukcji ryzyka [10]. W kształtowaniu tych warunków istotną rolę przypisuje się kryteriom ergonomicznym i wiedzy ergonomicznej pozyskiwanej w odniesieniu dla określonego systemu pracy (indywidualnej systemowej bazy danych ergonomicznych).

Z tego względu przyjąć należy, że podejście ergonomiczne w projektowaniu systemu pracy jest odpowiednim sposobem zapewnienia niezawodności bezpieczeństwa warunków eksploatacji środków pracy.

2. Ergonomiczny aspekt kształtowania systemu pracy

Bezpieczeństwo jest pojęciem niejednorodnym. Oznacza stan niezagrożenia, pewności, brak narażenia na niebezpieczeństwo. Dla zapewnienia bezpieczeństwa w systemie pracy istotne jest określenie czynników wpływających na funkcjonowanie tegoż systemu.

System pracy składa się z mniej lub bardziej złożonych systemów techniczno-biologicznych. Teoria systemów zakłada, że relacja między poszczególnymi podsystemami stanowi nową jakościowo tzw. cechę systemową, czyli zakłada, że każdy z elementów systemu obok swoich właściwości specyficznych posiada właściwości systemowe, w prosty sposób nie wynikające z określonych elementów systemu, lecz określone poprzez integracyjne właściwości całego systemu [13]. Zatem integracyjne właściwości całego systemu to własności poszczególnych jego elementów, które kompleksowo składają się na cały system pracy: własności operatorów (cech osobowości, ich stanu zdrowia,

poziomu kompetencji, tolerancji na stres, motywacji itp.), własności urządzeń (warunków pracy, wytrzymałości, norm eksploatacyjnych i ich przestrzegania, niezawodności, gotowości itp.) oraz zarządzania (normowania obciążeń, przygotowania kadr, szkoleń, systemów analizy wypadków itp.).

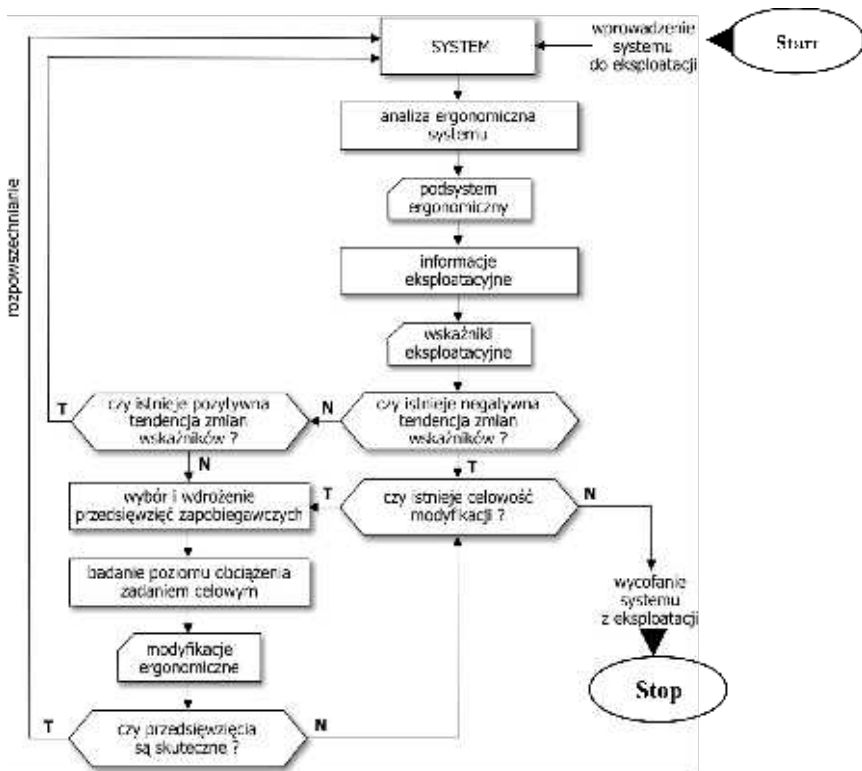
Z powyższej charakterystyki systemu pracy wynika, że przedmiotem badań związanych z bezpieczeństwem pracy stają się grupy wielu elementów systemu, traktowane jako przekroje systemu oraz relacje systemowe, tzn. zachodzące pomiędzy nimi związki. Ze względu na cel badań, jakim jest optymalizacja czynników przeciążenia pracownika podczas bezpiecznego użytkowania techniki, pozyskać należy dane i informacje, które uzupełnią informacje eksploatacyjne potrzebne do zarządzania zasobami informacyjnymi, finansowymi oraz materialnymi. Zatem wspomagające badania ergonomiczne, do których należy zaliczyć diagnozę kompleksową, stanowią podstawę w procesie formułowania problemów decyzyjnych, w obszarze sterowania eksploatacją obiektów technicznych [7].

Bezpieczeństwo systemu to cecha systemu, polegająca na odporności systemu na oddziaływanie czynników wymuszających występowanie zagrożeń bezpieczeństwa. W tym ujęciu bezpieczeństwo rozpatrywane może być jako stan charakteryzowany brakiem występowania nieakceptowalnego ryzyka szkód [11]. Przyczyną zagrożenia bezpieczeństwa może być uszkodzenie elementów systemu lub błąd pracownika. Pamiętać należy, że człowiek jest najsłabszym elementem w systemie techniczno - społecznym i może być zawodny, ale równocześnie może być ostatnim, który przestaje skutecznie funkcjonować. Zawodność systemu bezpieczeństwa jest najbardziej istotnym i niekorzystnym skutkiem uszkodzenia systemu. Straty moralne oraz koszty napraw uszkodzeń i koszty poniesione na pokrycie strat wynikających z niewykonanych zadań celowych są skutkiem decyzji podejmowanych w procesie sterowania eksploatacją. Niezależnie od kryteriów podejmowania decyzji sterujących eksploatacją systemów, problem sterowania bezpieczeństwem powinien być ujmowany kompleksowo.

Aspekt ergonomiczny jest adekwatnym do potrzeb podejściem w sterowaniu bezpieczeństwem [3]. Odnosząc się do procesów przetwarzania informacji, wprowadza czynniki środowiska informacyjnego do badań tendencji zmian wskaźników eksploatacyjnych (nieuszkodzalności, bezpieczeństwa, gotowości, efektywności).

Ergonomiczność takiego systemu rozpatrywać należy poprzez jego przystosowanie do użytkowania w określonych warunkach eksploatacyjnych,

przybliżając zastosowane rozwiązania do równowagi między wymaganiami związanymi z interakcją człowieka i obiektów technicznych. Tworzone są równocześnie mechanizmy uwzględniające zmiany w systemach sterowania, które pozwalają na minimalizację m.in. stresu i znużenia. Dzięki monitorowaniu wskaźników ergonomiczności, przy rozpoznanej negatywnej tendencji ich zmian, wyznaczany zostaje równocześnie zakres szczegółowych modyfikacji w konstrukcji systemu. Przedsięwzięcia nakierowane na uzyskanie syntetycznej skuteczności modyfikacji systemu, wzbogacone o kompleksową diagnozę ergonomiczną, wskazują na inne ważne dla systemu cechy w algorytmie sterowania eksploatacją. Cechą negatywną zastosowanych rozwiązań jest korelacja negatywna, tzn. dążąc do zwiększenia bezpieczeństwa systemu powoduje się równocześnie pogorszenie pozostałych właściwości systemu (na przykład eksploatacyjnych).



Rys. 1. Algorytm sterowania eksploatacją w ujęciu ergonomicznym

Źródło: opracowanie własne, na podstawie: J. Jaźwiński, K. Ważyńska-Fiok, *Bezpieczeństwo Systemów*, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 1993, s. 152

Ponieważ bezpieczeństwo jest atrybutem czasoprzestrzeni, w której znajduje się system, sam będąc jej częścią, dlatego ergonomiczna modyfikacja procesów eksploatacji obiektów technicznych staje się sposobem realizacji określonych stworzonych dla systemu możliwości, a równocześnie staje się realizacją bezpieczeństwa. Skutkiem powyższego program ergonomicznego użytkownika zapewnić może właściwy poziom bezpieczeństwa systemu pracy przy ponoszeniu optymalnych nakładów na eksploatację. Proces sterowania eksploatacją, wzbogacony o wzorce wymagań ergonomicznych, mogący stać się sposobem na zapewnienie wyznaczonych dla danego systemu pracy wymagań bezpieczeństwa, przedstawiono na rys. 1.

W strukturze tej wymagania ergonomiczne pełnią istotną rolę, decydującą o możliwości zastosowania określonych rozwiązań. Brak zgodności z ergonomicznymi kryteriami eksploatacyjnymi lub brak możliwości wprowadzenia modyfikacji ergonomicznych przesądza o braku możliwości użytkowania systemu lub wycofaniu go z eksploatacji.

3. Charakterystyka potencjału wewnętrznego zagrożenia układu: pracownik - środki pracy

System pracy charakteryzuje w każdej chwili t wielkość wyrażająca możliwości systemu (układu człowiek – system informatyczny) osiągania celów, realizowania zadań, działania zgodnie z przeznaczeniem. Wielkość tę określa się jako potencjał systemu (układu) w chwili. Są to zarazem warunki stwarzające możliwość realizowania zadań celowych przez układ operator-obiekt techniczny, zgodnie z jego naturą.

Potencjał systemu kształtować mogą następujące składowe reprezentujące różne rodzaje zasobów, zdolności, możliwości:

- potencjał integracji struktury $V_s(t)$, zależny od jakości i intensywności relacji między elementami systemu (ze względu na cele jego funkcjonowania) – potencjał systemotwórczy,
- zasoby elementów składowych systemów $V_{EL}(t)$,
- potencjał ludzki $V_L(t)$,
- potencjał biotyczny ekosystemów $V_B(t)$,
- potencjał informacyjny $V_I(t)$,
- potencjał techniczny $V_{TE}(t)$,
- potencjał energetyczny $V_{EN}(t)$,
- potencjał substancjalny $V_M(t)$,

- potencjał regulacyjny, sterowniczy $V_R(t)$,
- potencjał ekonomiczny $V_E(t)$,
- zasoby czasu $V_T(t)$, i in.

O ich diagnozowaniu i monitorowaniu pisze w swojej pracy T. Łozowicka-Stupnicka [8], opisując je w kontekście problemu oceny ryzyka, zagrożeń i bezpieczeństwa w optymalizacji złożonych systemów technicznych.

W kontekście kompleksowej diagnozy ergonomicznej systemu pracy wyszczególnionym potencjom można przypisać wymagania ergonomiczne (w normatywnym ich zakresie) i do nich odwoływać się w procesie eksploatacji i monitorowania tendencji zmian wskaźników systemowych. Przy wyznaczaniu określonego potencjału systemu pracy pomocne w dużej mierze są tzw. listy kontrolne stanowiska pracy [4].

Poszczególne systemy charakteryzują się odpowiednimi rangami potencjałów składowych, wynikającymi z ich struktur. Jeżeli nie posiadają pewnych potencjałów to uwzględnione jest to przez wektor współczynników przypisania:

$$a(t) = \{ a_{EL}, a_S, a_L, a_B, a_J, a_{TE}, a_{EN}, a_M, a_R, a_E, a_T, \dots, t \} \quad (1)$$

Poszczególnym zaś potencjałom składowym przyporządkowane mogą być współczynniki ważności ze względu na bieżące cele funkcjonowania systemu:

$$\beta(t) = \{ \beta_{EL}, \beta_S, \beta_L, \beta_B, \beta_J, \beta_{TE}, \beta_{EN}, \beta_M, \beta_R, \beta_E, \beta_T, \dots, t \} \quad (2)$$

Odpowiedni zatem:

$$VS_{EL} = a_{EL} \beta_{EL} V_{EL} \quad (3)$$

$$VSS = \alpha_S \beta_S V_S \quad (4)$$

...

$$VST = \alpha_T \beta_T V_T \quad (5)$$

Ogólny potencjał systemu, obiektu jest funkcją:

$$VS(t) = L(VS_{EL}, VS_S, VS_L, VS_B, VS_J, VS_{TE}, VS_{EN}, VS_M, VS_R, VS_E, VS_T, \dots, t) \quad (6)$$

Maksymalne możliwości systemu ($V\mathcal{S}_{\max}$ – maksymalny potencjał graniczny), mogą być osiągnięte, gdy każda ze składowych potencjału osiągnie wartość maksymalną (graniczną). Minimalny ($V\mathcal{S}_{\min}$), graniczny potencjał systemu, przy którym możliwe jest jego funkcjonowanie zdeterminowany jest minimalnymi poziomami potencjałów składowych $V\mathcal{S}_i$.

Rozpoznanie składowych potencjału $V\mathcal{S}_i$, które mają wartość mniejszą od minimalnej granicznej $V\mathcal{S}_{\min}$ świadczyć będzie o utracie zdolności funkcjonalnych. Zatem deficyt zasobu (zasobów), jeżeli nie jest kompensowany (dopełniany), to w konsekwencji zależności przyczynowo skutkowych wywoła prawdopodobnie stan zawodności wymagań systemowych.

„Graniczny potencjał składowy systemu – potencjał minimalny $V\mathcal{S}_i = V\mathcal{S}_{i\min}$, czy też maksymalny $V\mathcal{S}_i = V\mathcal{S}_{i\max}$ może być uznany za potencjał, zasób krytyczny za względu na bezpieczeństwo systemu” [8].

Jeżeli chociażby jedna ze składowych potencjału $V\mathcal{S}_i$ ma wartość mniejszą od minimalnej granicznej $V\mathcal{S}_{i\min}$ system traci zdolności funkcjonowania (deficyt zasobu). Także przekroczenie wartości granicznych maksymalnych przez składowe potencjału może spowodować utratę zdolności funkcjonalnych systemu.

4. Bezpieczeństwo systemu technicznego w ujęciu wiedzy ergonomicznej

4.1. Rola czynników ergonomicznych w podnoszeniu poziomu bezpieczeństwa

Z przedstawionej w pkt 2 charakterystyki systemu pracy wynika, że przedmiotem badań związanych z bezpieczeństwem pracy stają się grupy wielu elementów systemu (przekroje systemu) oraz zachodzące relacje systemowe. Ze względu na cel badań, jakim jest optymalizacja czynników przeciążenia pracownika podczas bezpiecznego użytkowania techniki, należy pozyskać dane i informacje, które uzupełnią informacje eksploatacyjne o niezbędne do zarządzania zasoby informacyjne, finansowe oraz materialne [12].

Wspomagające badania ergonomiczne mogą zatem stanowić ważny sposób pozyskiwania informacji w trakcie formułowania problemów decyzyjnych z zakresu sterowania eksploatacją (zobacz: tab. 1). Należy podkreślić, że badanie pojedynczych elementów systemu nie pozwala na znalezienie odpowiedzi na pytania (problemy) związane z funkcjonowaniem całości systemu pracy.

Tab. 1. Fragment listy kontrolnej przeznaczonej do rozpoznania czynników decydujących o jakości ergonomicznej interfejsu, w czasie monitorowania funkcji oczyszczalni ścieków

- | |
|--|
| ... |
| 31. Czy zakres cząstkowej informacji, generowanej z punktów kontrolnych, jest rozwinięty? |
| 32. Czy można zmniejszyć liczbę źródeł informacji pośredniczących pomiędzy początkiem transmisji a odbiorcą? |
| 33. Czy obserwowana jest rozbieżność w liczbie informacji kontrolowanych i prezentowanych? |
| 34. Czy występuje niedobór redundancji dla niepożądanych stanów systemu? |
| 35. Czy zachodzi uszczegóławianie danych w trakcie ich interpretacji? |
| 36. Czy występuje nadmiar elementów sygnalizacyjnych? |
| 37. Czy zaobserwowano stres wynikający z braku czasu na wykonanie zadań w trakcie przekazów informacyjnych? |
| 38. Czy występuje trudność w rozumieniu zakodowanych obrazów? |
| ... |

Źródło: EN 894-2:1997+A1:2008

Bezpieczeństwo systemu związane jest z odpornością na negatywne oddziaływanie czynników determinujących powstanie stanu zagrożenia. Przyczyną zagrożenia może być uszkodzenie (awaria) elementów systemu lub błąd człowieka. Najogólniej występuje wówczas, kiedy wyznaczony potencjał systemu nie odpowiada jego wymaganiom funkcjonalnym. Najbardziej istotnym i niekorzystnym skutkiem uszkodzenia systemu jest zawodność funkcji bezpieczeństwa.

4.2. Istota modyfikacji ergonomicznej w złożonych systemach techniczno-społecznych

We współczesnych obiektach technicznych modyfikacja ergonomiczna realizowana jest w zakresie różnorodnych technik informatycznych. Polega ona na wprowadzeniu elementów, przybliżających środowisko pracy do stanu równowagi zachodzącej pomiędzy wymaganiami systemu technicznego, a możliwościami pracownika. Uważa się, że na współczesnych stanowiskach pracy dominują procesy odbioru i przetwarzania informacji [15]. Wynika stąd wniosek, że modyfikacja systemów technicznych powinna obejmować zbiór elementów zapewniających prawidłowy przebieg procesów informacyjnych. Procesy te związane są przede wszystkim, z odbiorem informacji oraz podejmowaniem, na ich podstawie, właściwych rozwiązań decyzyjnych.

Współczesne rozwiązania techniczne oparte są na systemach wspomagających operatorów i pozwalają na przeprowadzenie diagnozy nieprawidłowości pojawiających się w trakcie procesów eksploatacji. Co istotne, w ich konstrukcji dąży się do uzyskania rozwiązań pozwalających na przeprowadzenie powyższej

weryfikacji w sposób automatyczny, nie związany z percepcją i podejmowaniem decyzji przez pracownika.

Zastosowanie rozproszonych systemów pomiarowych stanowi modyfikację, pozwalającą na przeniesienie części zadań diagnostycznych na poziom związany bezpośrednio z obiektem lub częścią procesu przemysłowego. Upraszcza to realizację zadań na poziomach wyższych, jednocześnie wydatnie wspomagając operatorów w sytuacji przeciążenia informacjami. System o takiej strukturze jest systemem elastycznym, skalowanym do zmieniających się warunków w środowisku pracy [9].

Ergonomiczny aspekt warunków eksploatacyjnych w złożonych systemach socjotechnicznych, w których ogromna ilość informacji przepływa różnymi strumieniami pomiędzy elementami tegoż systemu odnosi się do nieefektywnego ich przetwarzania. Część informacji, często bardzo istotnych dla procesów sterowniczych, jest niewłaściwie interpretowana lub pomijana i nie bierze udziału w procesie decyzyjnym. W sytuacji, gdy od ich uwzględnienia zależy skuteczność procesów sterowniczych związanych zapewnieniem stanu bezpieczeństwa, niezbędne jest zagwarantowanie ich spostrzegania. W efekcie wpływa to na rozpoznawany poziom ryzyka determinowanego stosowanymi rozwiązaniami informacyjnymi. W praktyce wskazuje to na konieczność tworzenia doradczych systemów diagnostyczno – eksploatacyjnych, stanowiących podstawę interaktywnych warunków dla współpracy człowieka z systemem technicznym. Ocena ergonomiczności poszczególnych elementów systemu pozwala na podjęcie działań modyfikacyjnych, które wynikają z następujących działań [2]:

- formalnego podejścia do szacowania bezpieczeństwa,
- identyfikacji poziomu jego akceptacji,
- przyjęcia zasad prowadzenia okresowej weryfikacji, uprzednio uzyskanych ocen,
- przyjęcia zasad prowadzenia ciągłej weryfikacji,
- ustalenia priorytetów i sposobów realizacji czynności doskonalących.

Struktura dialogu użytkownika z systemem ekspertowym jest tak opracowana, że dialog z nią jest podobny do rozmowy z rzeczywistym ekspertem, dzięki czemu zbliża to sposób funkcjonowania do naturalnych warunków działania człowieka.

W każdym systemie informatycznym musi zostać rozwiązany problem sposobu zapisu informacji w układzie. Zastosowany sposób musi pozwolić

przedstawić reprezentatywne dane opisujące wskazany układ, jego konstrukcję oraz historię eksploatacji, równocześnie wskazując na tej podstawie przyszłościowe działania. Ponadto, zazwyczaj występuje potrzeba określenia struktur opisujących możliwość wystąpienia w układzie uszkodzenia i niesprawności. Należy przy tym rozstrzygnąć, które dane mają być reprezentowane w sposób deklaratywny, a które w sposób proceduralny. Do rozwiązania problemu zapisu informacji związanych z elementami zespołów maszyn, jak również zapisu relacji występujących pomiędzy tymi elementami, zastosować można technikę obiektową.

Najwłaściwszą dla dokumentacji stosowanej w procesie modyfikacji ergonomicznej jest struktura hierarchicznego drzewa. Zwiększa ona znacznie czytelność przedstawionego systemu. Wprowadza ułatwienia w poruszaniu się po nim, łącznie ze zmianą stopnia szczegółowości. Umożliwia to pełny opis relacji występujących w systemie, poprawia poziom zrozumienia opisu tych relacji, jak również upraszcza formy ich zapisu. Wpływa dzięki temu na efektywność przeprowadzenia modyfikacji ergonomicznej.

5. Podsumowanie

Zasoby wiedzy ergonomicznej i jej efektywne wykorzystanie ma decydujący wpływ na podnoszenie bezpieczeństwa funkcjonowania systemu pracy. Ma gruntowne znaczenie dla bezpieczeństwa człowieka biorącego udział w procesie pracy. Badanie warunków dla osiągnięcia wyższego poziomu bezpieczeństwa i zmniejszenia zawodności systemu, może wskazać na istotne relacje pomiędzy podmiotami systemu. Zatem, wprowadzenie kryteriów ergonomicznych do decyzji eksploatacyjnych stwarza warunki integracji różnorodnych zasobów eksploatowanych obiektów technicznych. Nabiera decydującego znaczenia dla organizacji zasobów systemu pracy. Polega to na stworzeniu relacji i mechanizmów automatycznego sterowania względny poziomem zrównoważenia, między potencjałem pozytywnym, negatywnym i obronnym. Dostarcza danych, pozwalających na scharakteryzowanie wektora potencjałów w chwili t .

$$V(t) = \{ V_N(t), V_p(t), V_o(t) \}, \quad (7)$$

gdzie:

V_p – *potencjał pozytywny (kooperacji), zdolność do oddziaływania wspomagającego względem innego systemu (obiektu),*

V_N – potencjał negatywny (zagrożenia), zdolność systemu do destruktywnego oddziaływania na inny system (obiekt),

V_O – potencjał obronny, zdolność systemu do przeciwstawiania się destrukcyjnemu oddziaływaniu innego systemu (zdolności adaptacyjne, odporność, zdolność do walki).

Potencjały V_p , V_N , V_O zależą od ogólnych potencjałów systemów (obiektów) zagrażających i zagrożonych, potencjałów oraz stanów otoczenia systemów (środowiska) [8].

Ponieważ to człowiek podejmuje decyzje, wykazuje kreatywność i stanowi ostatni przestający funkcjonować element, mechanizmy adaptacyjne oparte na danych ergonomicznych są korzystne dla strumienia obronnego systemu pracy. Wykorzystanie wiedzy ergonomicznej pozwala zwiększyć poziom przystosowania systemu do potrzeb potencjalnego jego użytkownika.

LITERATURA

- [1] EN 894-2:1997+A1:2008, *Safety of machinery. Ergonomics requirements for the design of displays and control actuators*, Part 2: Displays.
- [2] Górny A., Jasiak A.: *Expert Systems in the Occupational Risk Management at the Workplace*, [in:] *Proceedings of the 11th International Conference on Human - Computer Interaction* (HCI International 2005, vol. 1, (CD-ROM), MIRA Digital Publishing, Las Vegas, Nevada 2005, part 58.
- [3] Helander M.: *A Guide to Human Factors and Ergonomics*, Taylor & Francis, London 2006.
- [4] Horst W.: *Ryzyko zawodowe na stanowisku pracy*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004.
- [5] Jaźwiński J., Ważyńska-Fiok K.: *Bezpieczeństwo Systemów*, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 1993.
- [6] Kościelny J.M.: *Diagnostyka zautomatyzowanych procesów przemysłowych*, AOW EXIT, Warszawa 2001.
- [7] Legutko S.: *Podstawy eksploatacji maszyn*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1999.
- [8] Łozownicka - Stupnicka T.: *Ocena ryzyka i zagrożeń w złożonych systemach człowiek - obiekt techniczny - środowisko*, Seria: „Inżynieria Sanitarna i Wodna”, Politechnika Krakowska, Kraków 2000.
- [9] Michta E.: *Stacja MINI MASTER w rozproszonych systemach pomiarowych*, materiały XXX Konferencji MKM, Zielona Góra 1995.
- [10] PN-EN ISO 12100:2011, *Bezpieczeństwo maszyn, Ogólne zasady projektowania, Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka*, PKN, Warszawa 2011.

- [11] PN-N-02000:1994, *Podstany działalności normalizacyjnej. Normalizacja i dziedziny związane. Terminologia*, PKN, Warszawa 1994.
- [12] Sławińska M.: *Ergonomia systemów zautomatyzowanych*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2008.
- [13] Tarnowski W.: *Modelowanie systemów*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2004.
- [14] Taylor D.A.: *Technika obiektowa*, Helion, Gliwice 1994.
- [15] Wickens Ch.D., Hollands J.G.: *Engineering Psychology and Human Performance*, Prentice Hall, New Jersey 2000.