

CHARAKTERYSTYKI UŻYTECZNOŚCI UKŁADU CZŁOWIEK MASZYNA

Zbigniew SMALKO

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, 01-494 Warszawa, ul. Księcia Bolesława 6

Streszczenie

Uznając za ważny problem, dobór właściwych środków do realizacji zadań zajęto się opisem wybranych cech użytkowych maszyny a także niektórych właściwości człowieka. Do głównych cech i właściwości układu: człowiek – maszyna zaliczono: odpowiedność, niezawodność, bezpieczeństwo, trwałość i efektywność.

Słowa kluczowe: układ człowiek – maszyna, diagnozowanie.

THE FUNCTIONAL QUALITY SIGNATURES OF MAN – MACHINE SYSTEM

Summary

Considering choice of right means for task realization as a serious problem a description of some selected machine functional quality signatures have been presented together with some human factors characteristics. Adequacy, dependability, safety, durability and effectiveness have been classified as fundamental attributes of man -machine system.

Keywords: man - machine system, diagnosing.

1. WPROWADZENIE

Przedmiotem referatu są wybrane charakterystyki użyteczności układu: człowiek – maszyna.

Człowiek może występować w takim układzie jako decydent i operator. Jego pożądana sprawność psychofizyczna polega na podejmowaniu bezbłędnych decyzji oraz na poprawnym sterowaniu i umiejętnym operowaniu maszyną.

Maszyna przeznaczona jest do wspomagania człowieka tak od strony siłowej (energetycznej), jak i od strony informacyjnej. Przykładem takiego rodzaju łącznego wspomaganie są obiekty mechatroniczne.

Otoczenie należy rozumieć szeroko. Może to być zarówno technosfera (utworzona przez człowieka) jak i środowisko naturalne.

W układzie: człowiek- maszyna- otoczenie, ma miejsce realizacja określonych zadań roboczych. Odbywa się ona w wyniku następującej sekwencji działań: człowiek oddziałuje na maszynę, która z kolei, oddziałuje na otoczenie w celu otrzymania pożądanej reakcji otoczenia (przetworzenia, przemieszczenia itp.).

Pozytywny wynik omówionych wyżej działań będziemy uznawali za wykonanie zadania przez człowieka, wspomaganego przez maszynę przy pożądanej reakcji środowiska. Pożądane jest, przy tym, aby oddziaływania człowieka i jego maszyny na otoczenie były efektywne i nieszkodliwe.

Stąd, istotną sprawą jest dobór odpowiedniej maszyny i odpowiedniego operatora do wykonania określonego zadania.

W rzeczywistości okoliczności, w jakich może się znaleźć układ: człowiek - maszyna - otoczenie, nie zawsze sprzyjają efektywnemu i bezpiecznemu wykonaniu zadania, ponieważ:

- z założenia pozytywnym oddziaływaniami człowieka na maszynę mogą towarzyszyć uboczne niepożądane, szkodliwe dla niego, zwrotne reakcje maszyny (np. wibracje, hałas);
- z założenia pozytywnym oddziaływaniami maszyny na otoczenie mogą towarzyszyć uboczne i niepożądane wtórne reakcje otoczenia - i szkodliwe dla niej samej, dla otoczenia oraz dla człowieka, np. konflikty i kolizje z elementami środowiska w skali mikro (nadmierne opory użyteczne) oraz/lub makro (nadmierne opory nieużyteczne w wyniku zderzenia z innymi obiektami technicznymi oraz/lub wytworami natury, z założenia pozytywnym wtórnym oddziaływaniami otoczenia na maszynę mogą towarzyszyć niepożądane oddziaływania szkodliwe dla człowieka.(np. szkodliwe działanie na zmysły wzroku, słuchu i węchu).

Czynniki te, łącznie lub oddzielnie, powodują niekorzystne zmiany stanów elementów układu: człowiek –maszyna. Okoliczności niesprzyjające wykonaniu zadania utożsamiane są z narażeniami, stwarzającymi zagrożenie dla człowieka i maszyny. Pochodzą one zarówno od zewnętrznych jak i wewnętrznych czynników wymuszających (zmęczenia, zużyciowych i starzeniowych).

2. ZAGROŻENIA W UKŁADZIE CZŁOWIEK –MASZYNA -OTOCZENIE

W zagrożonym układzie człowiek-maszyna – otoczenie, można wyróżnić następujące stany: zdatności, częściowej zdatności, częściowej niezdatności, krytycznej niezdatności i całkowitej niezdatności.

Stan Zdatości charakteryzuje się brakiem uszkodzeń, nieprzekroczonym stanem dopuszczalnym, operator czuje się bezpieczny i obiekt działa poprawnie wykonując zadanie.

Przejście do stanu częściowej zdatności utożsamiamy z tolerowalnym uszkodzeniem. Zapobieganie i przeciwdziałanie degradacji maszyny polega na: obsługach technicznych, uzupełnianiu ubytków, monitoringu stanu, ubezpieczeniu użytkownika (operatora) od następstw wypadków, szkód i strat.

Stan Częściowej Zdatości charakteryzuje się tolerowalnymi uszkodzeniami, nieprzekroczonym stanem dopuszczalnym, operator odczuwa lekkie zagrożenie i maszyna jeszcze działa poprawnie wykonując zleczone zadanie, zaczynają występować zarodki procesu powstawania szkód i strat.

Przejście do stanu częściowej niezdatności utożsamiamy z nietolerowalnym częściowym uszkodzeniem. Zapobieganie i przeciwdziałanie degradacji maszyny polega na samoczynnym rozchodowaniu rewersów i nadmiarów

Stan Częściowej Niezdatości charakteryzuje się nietolerowalnymi częściowymi uszkodzeniami, jest przekroczony stan dopuszczalny i osiągnięty zostaje stan graniczny, operator czuje się zagrożony, obiekt działa niepoprawnie wykonanie zadania jest wątpliwe, występują symptomy procesu powstawania szkód i strat, występują zagrożenia, przewidywany jest wypadek.

Przejście do stanu krytycznej niezdatności utożsamiamy z krytycznym uszkodzeniem. Zapobieganie i przeciwdziałanie degradacji maszyny polega na uruchamianiu zabezpieczeń i blokad oraz na ostrzegawczym alarmowaniu.

Stan Krytycznej Niezdatości charakteryzuje się krytycznymi uszkodzeniami, przekroczony zostaje stan graniczny i osiągnięty zostaje stan krytyczny, operator jest poddawany szkodliwym oddziaływaniom, obiekt działa niepoprawnie lub przestaje działać i wykonywać zadanie, ma miejsce proces powstawania szkód i strat.

Przejście do stanu pełnej niezdatności utożsamiane jest ze zniszczeniem maszyny i poszkodowaniem ludzi. Zapobieganie i przeciwdziałanie dalszej degradacji maszyny polega na blokowaniu i odłączaniu procesu powstawania szkód i strat oraz na alarmowaniu.

Stan Całkowitej Niezdatości charakteryzuje się rozległymi zniszczeniami, szkodami i stratami, przekroczony zostaje stan krytyczny, operator jest poszkodowany a obiekt jest zniszczony, maszyna traci właściwości użytkowe i przerywa wykonanie zadania, występują znaczne szkody i straty.

Powrót do stanu zdatości może polegać na odnowie(wymianie) całkowitej maszyny, na leczeniu i neutralizacji szkód ludzkich i odszkodowaniu strat materialnych. Zapobieganie i przeciwdziałanie dalszej degradacji układu człowiek-maszyna polega na uruchomieniu systemu ratowniczego oraz pomocy medycznej i technicznej.

Stąd, uznajemy za ważny problem, dobrania właściwych środków do realizacji zadań i dlatego zajmujemy się opisem wybranych cech użytkowych maszyny a także niektórych właściwości człowieka (operatora i decydenta).

3. WYBRANE CECHY UŻYTKOWE UKŁADU CZŁOWIEK- MASZYNA

Do głównych cech i właściwości układu: człowiek- maszyna zaliczymy: odpowiedniość (adequacy), niezawodność (dependability), bezpieczeństwo (safety), trwałość (durability) i efektywność (effectiveness).

Odpowiedniość (adequacy) – to cecha układu człowiek-maszyna, wieloaspektowo opisująca przysposobienie tego układu, do wykonywania określonych zadań w nominalnych oraz/lub ekstremalnych warunkach użytkowania.

Odpowiedniość, opisywana jako łączna cecha maszyny, okazuje się zbiorem czterech pojęć: funkcjonalności, ergonomiczności, kompatybilności i sterowalności (ruchowości).

Funkcjonalność (functionality) - cecha maszyny opisująca dogodność konstrukcyjnego rozwiązania (configurability) maszyny zapewniającego m.in.: odpowiedni obszar zastosowań (coverage) oraz podatność na oprogramowanie wykonywanych czynności (programmability).

Ergonomiczność (ergonomics) – cecha maszyny opisująca jej dostosowanie do właściwości antropotechnicznych i psychofizycznych człowieka poprzez właściwe rozwiązanie konstrukcyjne oraz przez zastosowanie przyjaznej dla człowieka (user friendly) techniki realizacji zadania przez maszynę.

Kompatybilność (integrity) – cecha maszyny opisująca dostosowanie rozwiązania konstrukcyjnego organów roboczych maszyny do rozwiązania organów odbiorczych innych obiektów technicznych oraz do cech infrastruktury.

Sterowalność (operability) – cecha maszyny opisująca rozwiązanie konstrukcyjnym maszyny, które sprawia łatwość użytkowania (nawigowania, operowania i manewrowania) maszyną. W tym: uzyskiwanie dokładnej i szybkiej odpowiedzi (response time) organów roboczych na sygnały sterownicze, nieskomplikowany sposób sterowania (simplicity), dostępność (access) do dźwigni i przycisków, dobra widoczność tablic i wskaźników stanu obiektu i położenia obiektu w przestrzeni działania itp.)

Niezawodność (dependability) jest cechą opisującą przysposobienie układu: człowiek-maszyna do wykonywania, przypisanych temu

układowi funkcji, w określonym czasie i w określonych warunkach użytkowania. Działania, które warunkują wykonywanie przypisanych zadań bezpiecznie, skutecznie i bez zbędnych przestoju.

Niezawodność dokładniej analizowana, jako łączna cecha układu człowiek-maszyna, opisywana jest zbiorem czterech pojęć: nieszkodzalności, nadmiarowości, bezbłędności i gotowości.

Nieszkodzalność (reliability) - cecha maszyny opisująca jej zdolności do bezuszkodzeniowego działania, zgodnie z jej przeznaczeniem w zadanym czasie i ustalonych okolicznościach.

Nadmiarowość (redundancy) - łączna cecha opisująca rezerwowanie układu: człowiek maszyna, które stwarza możliwość tolerancji uszkodzeń maszyny i błędów człowieka w wyniku stworzenia w nim nadmiarów: strukturalnych, funkcjonalnych, czasowych i informacyjnych.

Bezbłędność (accuracy) - właściwość człowieka (decydenta – operatora) opisująca jego zdolność do poprawnego podejmowania decyzji o uruchomieniu maszyny i do poprawnego sterowania maszyną - z uwzględnieniem zmian stanu technicznego maszyny i stanu otoczenia.

Gotowość (availability) - łączna cecha układu: człowiek maszyna opisująca jego zdolność do utrzymywania maszyny w wymaganym stanie technicznym zapewniającym jej dyspozycyjność (disposability).

Bezpieczeństwo (safety) - łączna cecha układu człowiek-maszyna opisująca przysposobienie układu do unikania zagrożeń i narażeń w ruchu i w stanie spoczynku.

Bezpieczeństwo dokładniej analizowana jako cecha układu: człowiek-maszyna-otoczenie opisywana jest zbiorem pięciu pojęć: ochraniałości (bezpieczeństwa biernej), niezagrażalności (bezpieczeństwa czynnej), nieszkodliwości, zabezpieczalności i bezszkodowości.

Ochronialność (immunitess) cecha maszyny opisująca jej przysposobienie do ochrony kierowcy, pasażerów i ładunków przed skutkami zewnętrznych i wewnętrznych narażeń. Jest to osiągane przez wzmocnienie i uodpornienie konstrukcji oraz wyposażenie maszyny w specjalne zabezpieczające urządzenia (pasy, ABS) i serwo mechanizmy. A także przez zastosowanie nadmiarów informacyjnych i funkcjonalnych umożliwiających tolerancję krytycznych uszkodzeń (fail safes).

Niezagrażalność (hazardousness), cecha układu człowiek maszyna opisująca przysposobienie układu sterowniczego i podatności człowieka i do szybkiego manewrowania, zmiany przyśpieszeń, prędkości przemieszczania i hamowania maszyny, celem bezszkodowego działania i unikania kolizji z otoczeniem.

Nieszkodliwość (harmlessness) cecha układu: człowiek maszyna opisująca jego przysposobienie

do ograniczenia szkodliwego oddziaływania maszyny na środowisko naturalne.

Zabezpieczalność (securitises) cecha układu: maszyna-otoczenie opisująca system ostrzegawczy i blokujący układu uniemożliwiający użytkowanie maszyny przez osoby nieuprawnione oraz/lub przez osoby nieumiejętnie operujące obiektem.

Bezszkodowość (harmlessness) cecha układu człowiek-maszyna-otoczenie opisująca poprawność współdziałania jego elementów przy eliminacji i neutralizacji możliwych szkód i strat.

Trwałość (durability) jest cechą maszyny wyrażaną granicznym okresem użytkowania maszyną (live time) wynikającą, przede wszystkim, z utraty odporności (hardiness) elementów na oddziaływanie czynników wymuszających. Graniczny okres użytkowania maszyny również może wynikać z nieopłacalności dalszego utrzymywania jej w gotowości technicznej.

Trwałość dokładniej analizowana jako cecha maszyny opisywana jest zbiorem czterech pojęć: wytrzymałości, odporności, obsługiwalności i dostępności do obsługi technicznych

Wytrzymałość (robustness, strenght, endurance)- cecha opisująca zdolność tworzywa konstrukcyjnego maszyny do przeciwdziałania degradacji - do chwili przekroczenia dopuszczalnych obciążeń użytkowych.

Odporność (refractoriness)- cecha opisująca zdolność tworzywa konstrukcyjnego maszyny do przeciwdziałania degradacji – od oddziaływania zewnętrznych czynników wymuszających.

Obsługiwalność (maintainability) - cecha maszyny opisująca jej podatność na zabiegi obsługowo-naprawcze wykonywane w zadanym czasie.

Utrzymywalność (supportability) - cecha opisująca przysposobienie maszyny do utrzymywania jej w wymaganym stanie technicznym, przez okres eksploatacji, na drodze obsługi, napraw i inspekcji.

Dostępność do obsługi technicznych (serviceability) cecha układu-człowiek-maszyna opisująca zapewnienie możliwości wykonania, przez zaplecze techniczne w okresie eksploatacji, profilaktycznych i doraźnych zabiegów obsługowo –naprawczych.

Efektywność (effectiveness) cecha opisująca zdolność układu człowiek - maszyna do oszczędnego zużycia energii oraz racjonalnego wykorzystania innych materialnych i pieniężnych nakładów na wykonanie zadań (z uwzględnieniem zasad gospodarności).

Efektywność jako cecha układu człowiek-maszyna jest opisywana zbiorem czterech pojęć: sprawności energetycznej, wydajności, ekonomiczności i gospodarności.

Sprawność energetyczna (efficiency) cecha maszyny wyrażająca się stopniem użytecznego przetworzenia energii nadawanej.

Wydajność (capability) cecha opisująca zdolność maszyny do uzyskiwania określonych

wyników materialnych mierzona natężeniem przepływu materiału (masy) lub ilością pracy przewozowej.

Ekonomiczność (economics) cecha układu człowiek maszyna wyrażająca się stopniem racjonalnego wykorzystania środków pieniężnych przeznaczonych na realizację zadania.

Gospodarność (managementability) cecha opisująca umiejętność człowieka do realizacji zadań roboczych zgodnie z zasadami oszczędnego rozchodowania resursów maszyn oraz nakładów rzeczowych i pieniężnych przeznaczonych na realizację tych zadań.

3. UWAGI KOŃCOWE

Należy sądzić, że opisane wyżej cechy użytkowe mogą być przydatne przy doborze maszyn pracujących w warunkach zewnętrznych, sprzyjających w mniejszym lub większym stopniu wykonaniu określonych zadań roboczych.

Określone znaczenie mają relacje między głównymi cechami układu: człowiek-maszyna-otoczenie. Niezawodność warunkuje bezpieczeństwo i efektywność; trwałość warunkuje niezawodność, bezpieczeństwo i efektywność zaś odpowiedniość warunkuje pozytywny wynik wszystkich cech układu człowiek-maszyna.

Niniejsze opracowanie jest przyczynkiem do dalszego doskonalenia metod doboru cech maszyn w zmiennych warunkach użytkowania.

LITERATURA

- [1] Avizienis, J. G.Larie, B.Randel, *Fundamental Concepts of dependability*, Newcastle University, Report no.CS-TR-739, Newcastle, October 2000.
- [2] Fr. von Gottl - Ottilienfeld, *Wirtschaft und Technik, Grundriss der Socialekonomik*, Tybinga 1932.
- [3] Jaźwiński J. Borgoń J., *Niezawodność eksploatacyjna i bezpieczeństwo lotów*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989.
- [4] Mazur M., *Terminologia techniczna*, WNT, Warszawa 1961.
- [5] Norma "*Wybór wskaźników niezawodności*", PN-77/N-04010. PKNMiJ 1977.
- [6] Puszkin W.G. *Problema Nadežnosti*. Izdatelstwo Nauka. Moskwa 1971.
- [7] Smalko Z., *Pięć podstawowych pojęć w technice*. Komitet Naukoznawstwa PAN.1987.
- [8] Titus Lucretius Carus, „*O naturze rzeczy*” Ludowa Spółdzielnia Wydawnicza, Warszawa 1995.