

УДК 621.431

Leszek Chybowski  
Robert Grzebieniak  
Zbigniew Matuszak  
Akademia Morska  
Szczecin, Polska

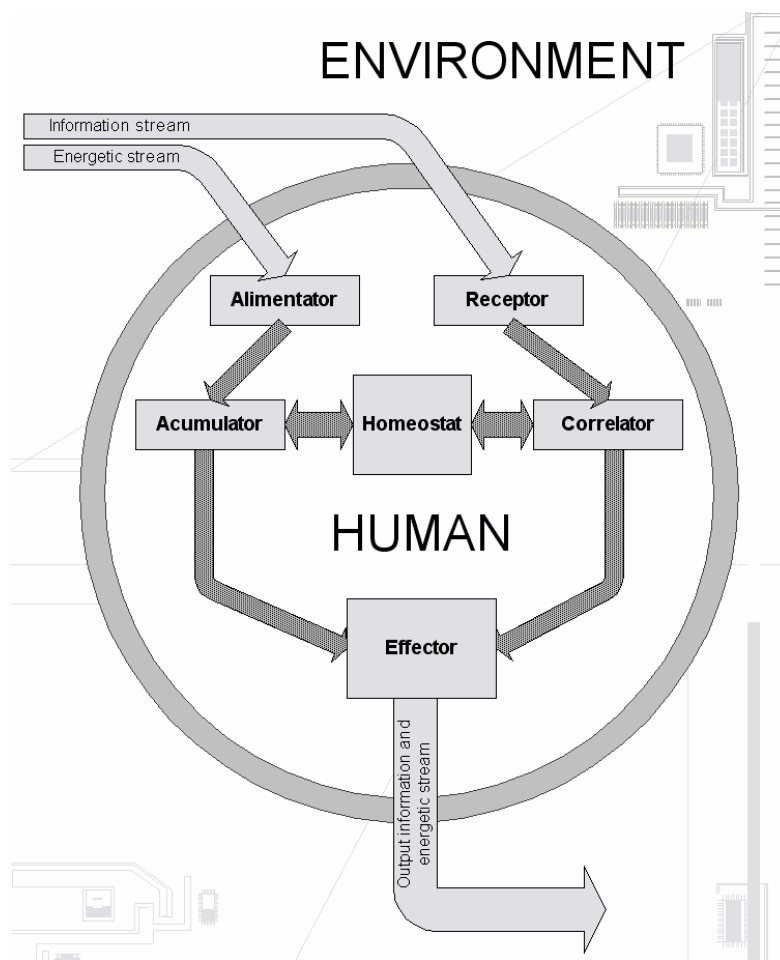
## UWAGI O MOŻLIWOŚCI WYKONANIA ZADANIA PRZEZ OPERATORA SYSTEMU TECHNICZNEGO

### 1. Wprowadzenie

Człowiek jest systemem o dużym stopniu złożoności z nadmiarową strukturą niezawodnościową. Z punktu widzenia cybernetycznego może być rozpatrywany jako system autonomiczny gdyż: ma zdolność sterowania sobą oraz zdolność przeciwdziałania utracie zdolności sterowania, jest zdolny do utrzymania się w równowadze funkcjonalnej mimo zmian zachodzących w otoczeniu, dąży do utrzymania swojej egzystencji oraz funkcjonuje we własnym interesie.

W organizmie człowieka są spełniane wszystkie funkcje systemu autonomicznego, co pozwala na wyodrębnienie wg koncepcji Mazura [6], cechy człowieka takich jak: oddziaływanie na otoczenie (poprzez *efektory*), pobieranie informacji z otoczenia (poprzez *receptory*), pobieranie energii z otoczenia (poprzez *alimentatory*), przechowywanie i przetwarzanie informacji (z wykorzystaniem *korelatorów*), przetwarzanie i przechowywanie energii (z wykorzystaniem *akumulatorów*), utrzymanie się w równowadze funkcjonalnej (z wykorzystaniem *homeostatów*). Uproszczonej reprezentację człowieka jako systemu autonomicznego i relacji *Człowiek-Otoczenie* przedstawiono na rys. 1.

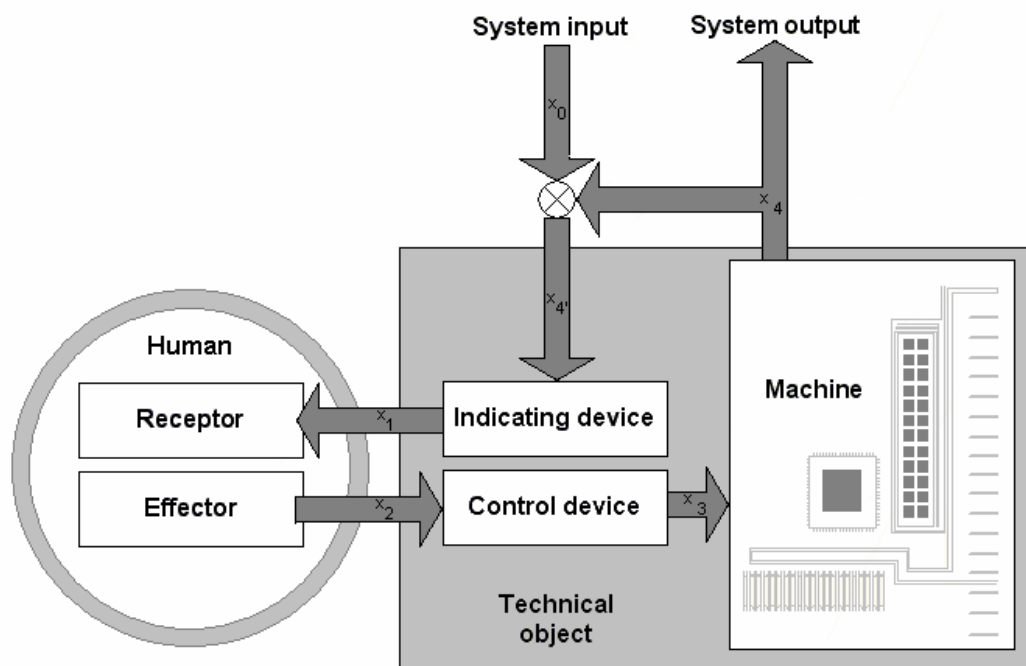
W oparciu o cybernetyczną koncepcję Mazura można budować scenariusze nieprawidłowego działania człowieka jako ogniwa w łańcuchu sterowania obiektem technicznym, mając na uwadze wpływ niezdatności poszczególnych podsystemów człowieka w tym ujęciu. Pozwala to również na zbudowanie matematycznych modeli związanych z czasem potrzebnym na wykonanie przez operatora zleconego zadania, a w dalszym planie prawidłowe prowadzenie procesu eksploatacji obiektu technicznego.



Rys. 1. Struktura systemu autonomicznego na przykładzie człowieka [1]

## 2. Model możliwości wykonania zadania przez operatora

Człowiek, z punktu widzenia niezawodności, może być scharakteryzowany szeregiem typów błędów ludzkich. Wybrane klasyfikacje przedstawiono w materiale wcześniej. Opierając się na modelu przedstawionym na rys. 3 błędy człowieka można sklasyfikować uwzględniając nieprawidłowe funkcjonowanie poszczególnych elementów tak zamodelowanego systemu. A w szczególności: błędy odbioru informacji z otoczenia (mogą wynikać z niedoskonałości *receptorów* oraz zakłóceń informacji uzyskiwanej z otoczenia), błędy przetwarzania informacji (mogą wynikać z nadmiernej ilości informacji przekraczającej możliwości *korelatora* lub nieprzygotowania *korelatora* do przetwarzania określonej informacji), błędne lub nieskuteczne oddziaływania na otoczenie (mogą wynikać z pogorszenia stabilności funkcjonalnej lub przekroczenia możliwości *efektorów*), utrata lub ograniczenie zdolności do działania skutek uszkodzeń narządów człowieka oraz utrata lub ograniczenie możliwości przystosowania się do zmian zachodzących w otoczeniu. Elementarny schemat strukturalny współdziałania człowieka z maszyną odniesiony do cybernetycznej koncepcji Mazura pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Schemat strukturalny układu człowiek-maszyna

Z punktu widzenia wymienionych cech można oceniać takie własności niezawodnościowe człowieka jak bezawaryjność i skuteczność. Bezblędność i skuteczność wyznaczają *niezawodność operacyjną człowieka*, a bezawaryjność – *niezawodność biologiczną*.

Wobec tak wysokiej złożoności problematyki badania błędów człowieka i ich konsekwencji w systemach człowiek-obiekt techniczny środowisko (*H-T-E*) konieczne jest rozwijanie nowych metod badania tych zagadnień. Według Brandowskiego niezawodność operatora może być wyznaczana na podstawie badań realizowanych na symulatorach. Jest to związane z faktem, iż w warunkach naturalnych nie można uzyskać niezbędnych danych do estymacji charakterystyk niezawodności operatora, gdyż zadania realizowane przez niego w sytuacjach niebezpiecznych mogą spowodować straty materialne oraz stanowić zagrożenie dla jego życia i zdrowia.

Jako ilościową miarę niezawodności biologicznej człowieka można przyjąć prawdopodobieństwo zachowania zdolności jego do działania w zadanym przedziale czasu i w zadanych warunkach. W odniesieniu do człowieka możliwe jest przyjęcie z techniki pojęcia uszkodzenia elementu, i posługiwać się pojęciami uszkodzeń odwracalnych (chwilowa utrata zdolności do działania będąca wynikiem stresu, chorobowy, odurzenia alkoholowego) lub uszkodzeń nieodwracalnych (niewłaściwe funkcjonowanie niektórych narządów człowieka, śmierć).

Niezawodność pracy człowieka można mierzyć prawdopodobieństwem sukcesu przy realizacji pracy lub zadania na danym etapie funkcjonowania systemu w zadanym przedziale czasu, określonym wymaganiem dotyczącym długotrwałość pracy. Prawidłowe działanie polega na wykonaniu czynności w przewidzianym czasie. Nieprawidłowe działanie może być przyczyną uszkodzenia urządzenia lub

może zmienić przebieg wykonania czynności (zadania). Jaźwiński w pracy [3] przedstawia model czasu wymaganego do realizacji zadania przez człowieka. Człowiek charakteryzuje się określonym czasem odbioru informacji  $T_1$  (uwarunkowanym możliwościami *receptorów*), czasem analizy informacji  $T_2$  (uwarunkowanym możliwościami *korelatora*), czasem podejmowania decyzji  $T_3$  (współdziałaniem *korelatora z efektozem*), czasem wykonania decyzji  $T_4$  (uwarunkowanym możliwościami *efektora*). Zadanie będzie wykonane terminowo, jeżeli zadany czas wykonania zadania będzie spełniać nierówność

$$T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \leq T_0 \quad (1)$$

gdzie:

$T_0$  – zadany czas wykonania zadania.

W przypadku działania obsługi pod wpływem stresu np. podczas usuwania skutków poważnej katastrofy morskiej w celu ratowania własnego życia, wielkości  $T_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) są stochastycznie zależne, czyli prawdopodobieństwa  $P_i$  są funkcjami stresu, wówczas praktyczne wykorzystanie zależności (6) staje się bardzo trudne albo niemożliwe. Dla wyznaczenia niezawodności operacyjnej człowieka obliczenia z wykorzystaniem m.in. przedstawionych modeli matematycznych wsparte są wykorzystaniem metod symulacji komputerowej.

Badania czasu reakcji na bodźce o średnim natężeniu prowadzili m.in. E. Fleishman, N. Kraiński, K. Płatonow, R. Gané, R. Woodworth i inni. Badania nasuwają przypuszczenie, że informacja odbierana dotykowo jest najstarszą i najbliższą powiązaną z motoryką człowieka. Tzw. prosta reakcje sensomotoryczne nie są w rzeczywistości strukturami prostymi, a składają się z szeregu procesów, w jednej z najprostszycy postaci opisanych modelem (1). Czas reakcji na bodźce równy zwykle ok. 0,25 s zależy od cech indywidualnych [2] oraz jego intensywności. Bodźce stosowane jako sygnały informacyjne (np. światło lampek alarmowych) powinny przekraczać tzw. *wartości progowe*. W przypadku sygnałów wizualnych ważna jest nie tyle siła samego bodźca (m.in. luminancja), co wyróżnienie sygnału świetlnego z tła. Zaleca się, aby jasność sygnału informacyjnego była przynajmniej dwukrotnie większa od jasności tła [7]. Zagadnienie szybkości reakcji na bodźce wizualne jest problemem złożonym. Wyniki badań prowadzonych przez Browaeys'a i Leplata m.in. porównujące czas wykonania zadania i liczbę błędów w czasie wykrywania nitek zerwanych lub nitek brakujących na przedzarkach przy zastosowaniu różnokolorowego tła przedstawiono w [8]. W odniesieniu do innych receptorów istotne jest nie tylko to jaki zmysł człowieka odbiera informację ale również i jakość informacji. W tabeli 1 przedstawiono czasy utajenia prostych reakcji sensomotorycznych dla bodźców innych niż wizualne, w zależności od *analizatora bodźca* (receptora) na który się oddziałuje oraz *jakości zmysłowej* będącej regulatorem działania motorycznego człowieka [4].

Tab. 1. Czas utajenia prostej reakcji sensomotorycznej przy oddziaływaniu na różne receptory

Analizator	Jakość sygnału bodźca	Średni czas utajony [ms]
Dotykowy		90-220 *
Słuchowy	Dźwięk	120-180 *
Węchowy	Zapach	310-390 *
Temperaturowy	Ciepło i zimno	280-1600 *
Smakowy	Smak słony	310
	Smak słodki	450
	Smak kwaśny	540
	Smak gorzki	1080
Aparat przedsionkowy	Obroty osoby badanej	400
Bólu		130-890 *

\* Podano najmniejsze i największe wartości średnich wielkości uzyskanych przez różnych autorów

*Niezawodność operacyjna* operatora-eksploatatora zdefiniuje się jako prawdopodobieństwo terminowego i bezbłędnego wykonania zadania złożonego z  $N$  działań elementarnych, co przedstawia zależność:

$$R_0 = \left( \prod_{i=1}^N P_i \right) \cdot P \left( \sum_{i=1}^N T_i \leq T_0 \right) \quad (2)$$

gdzie:

$P_i$  – prawdopodobieństwo bezbłędnego wykonania  $i$ -tego działania,

$T_i$  – czas realizacji  $i$ -tego działania,

### 3. Uwagi końcowe

Podczas realizacji poszczególnych działań elementarnych (odbiór informacji, przetwarzanie informacji, podejmowanie decyzji, wykonanie decyzji) eksploatator, może popełniać błędy. Błędy, człowieka w tym ujęciu mają swoją genezę we wszystkich fazach istnienia danego systemu technicznego, w tym także siłowni okrętowej. W szczególności są to: błędy projektowania uwarunkowane niedostateczną jakością projektowania, błędy powstające wskutek niewłaściwego wykonania przez personel obsługujący przewidywanych czynności obsługowych lub wskutek wykonania procedur nieprzewidywalnych, błędy wykonawcze występujące na etapie wytwarzania wskutek złej jakości pracy albo zastosowania niewłaściwego materiału lub wykonania wyrobu niezgodnie z wymaganiami, błędy technicznej obsługi występujące w procesie eksploatacji w wyniku złej jakości naprawy i montażu, błędy kontroli przyjęcia wyrobów wadliwych jako dobrych albo akceptacja przeglądu maszyny z elementami nieprawidłowo naprawionymi, błędy składowania wynikające z niewłaściwego przechowywania i transportu.

Pośród przyczyn powstawania błędów w czasie pracy człowieka wymienić można: niewłaściwe kwalifikacje personelu obsługującego, wykonywanie niewłaściwych czynnościami obsługowych lub użytkowych, niewłaściwe warunki pracy, niedostateczne lub niewłaściwe narzędzia pracy, niewłaściwa stymulacja bezbłędnej pracy.

Wyznaczając niezawodność człowieka jako elementu systemu technicznego należy brać pod uwagę szereg czynników, takich jak: prawdopodobieństwo błędu, jaki może powstać przy

wykonywaniu każdej operacji wchodzącej w proces działania; możliwość przewidywania najbardziej istotnych błędów, jakie mogą zostać popełnione w procesie użytkowania i obsługi urządzeń; częstość uszkodzeń urządzeń i systemów technicznych z winy człowieka; uwzględnianie błędów człowieka, które są odwracalne; prawdopodobieństwo poprawnego działania urządzenia (systemu) pod warunkiem popełnienia błędu [1, 5].

Przedstawione w materiale wybrane modele związane z czasem wykonania zadania przez człowieka mogą znaleźć zastosowanie dla systemów technicznych, dla potrzeb wstępnej oceny wpływu poszczególnych rodzajów zdarzeń (błędów ludzkich) i ich interakcji z uszkodzeniami maszyn i urządzeń.

## **Literatura**

1. Chybowski L., Matuszak Z., *Wybrane modele niezawodności człowieka przydatne w ocenie pracy siłowni okrętowej*. Szczecin 2006. Materiał niepublikowany.
2. Hempel L., *Człowiek i maszyna. Model techniczny współdziałania*. WKiŁ, Warszawa 1984.
3. Jaźwiński J., Borgoń J., *Niezawodność eksploatacyjna i bezpieczeństwo lotów*. WKiŁ, Warszawa 1989.
4. Łomow B., *Człowiek i technika. Zarys psychologii inżynierskiej*. KiW, Warszawa 1966.
5. Matuszak Z., *Człowiek jako specyficzny element systemu technicznego. Zastosowania Teorii Systemów. Problemy Inżynierii Mechanicznej i Robotyki*. WIMiR AGH, Kraków 2005, s. 95-202.
6. Mazur M., *Cybernetyka i charakter*. PIW, Warszawa 1975.
7. Najmiec A., Kwarecki K., *Tajemnice spostrzegania - ciekawe i niebezpieczne*. Bezpieczeństwo Pracy, NR 11 (352), Centralny Instytut Ochrony Pracy, Listopad 2000.
8. Okón J., *Psychologia przemysłowa*. PWN, Warszawa 1971.

## **ON POSSIBILITIES OF TASK EXECUTION BY TECHNICAL SYSTEM OPERATOR**

Selected problems on task execution possibilities by operator in anthropotechnical system have been presented in the paper. Autonomic systems concept invented by professor Mazur has been used. Selected mathematical models connected with required task execution time have been shown.

## **UWAGI O MOŻLIWOŚCI WYKONANIA ZADANIA PRZEZ OPERATORA SYSTEMU TECHNICZNEGO**

W materiale przedstawiono wybrane zagadnienia związane z możliwościami wykonania zadania przez operatora w systemie antropotechnicznym. Wykorzystano koncepcję systemów samodzielnych opracowaną przez profesora Mazura. Przedstawiono wybrane modele matematyczne związane z czasem potrzebnym do realizacji zadania przez operatora.