

Przesłanki ergonomiczne „wyczuwania” maszyny przez człowieka

„Dała mu topór wielki, dobrze leżący w dłoni, spiżowy, z dwóch stron wyostrzony, a miał on stylisko z drzewa oliwnego, uchwytny i bardzo piękny.”

Homer, Odyseja, pieśń piąta. Przekład Jana Parandowskiego, PIW, Warszawa 1959

„Wyczuwalność” narzędzia: problem odwieczny – problem współczesny

Nie kto inny, tylko sama nimfa Circe, córka Heliosa, zaopatrzyła Odysa w owo wspaniałe narzędzie, by mógł wraz z towarzyszami zbudować statek i powrócić do domu. Dlaczego Homer podkreśla, że było „dobrze leżące w dłoni” i „uchwytny”? Widać już wtedy (a może zwłaszcza wtedy?) „wyczuwalność” narzędzia przez operatora była w cenie, a Odys, mąż znaczny i otoczony opieką bogów – szczególnie zasługiwał na narzędzie wyróżniające się tą właśnie cechą. Gdyby zapytać współczesnego murarza (na odpowiedzialność czytelnika!), jaka kielnia najlepiej mu pasuje – odpowiedziałby bez wahania, że taka, która „dobrze leży w ręce”. I rzeczywiście, jak wszystkie narzędzia, którym dany był czas, aby przez setki, a nawet tysiące lat mogły doskonalić swe kształty – kielnia istotnie dobrze leży w ręce, pozwalając doświadczyć błęgiego uczucia „dopasowania”.

Gdyby można było z każdym nowym wyrobem odczekać, aż przejdzie długą drogę ewolucji i uzyska kształty doskonałe^{*)} – problem byłby metodologicznie rozwiązany. Jednak innowacyjność przemysłu w krajach rozwiniętych, do jakich aspirujemy, oceniana jest na około 30%

^{*)} Samochód np. czekał niemal 80 lat.

nowych wyrobów rocznie. Znaczna część – to wyroby o całkowicie nowym przeznaczeniu i formie, nie mające wcześniejszego odpowiednika (jak mówią inżynierowie: „przodka”). Dobra „wyczuwalność” wyrobu musi być im nadana przez konstruktora już w momencie narodzin, tj. podczas projektowania. Jest zatem rzeczą słuszną i ważną, aby ergonomia oparowała metodologicznie problem „wyczuwalności” i była w stanie dostarczać w tym zakresie danych do projektowania. Niestety, zastosowanie taniej już i dostępnej techniki serwo mechanizmów, wspomagających organizm człowieka-użytkownika w zakresie kinematyki (ruch) i dynamiki (siła) powoduje, że „wyczuwalność” współczesnych maszyn (ogólnie: obiektów technicznych) jest coraz gorsza, a wynikający z tego stres operatora – coraz większy. W istocie, dźwignią nie większą od ołówka przewracać można – za pośrednictwem maszyny – góry, nie mając nawet pojęcia, jak potężne są rzeczywiste siły użytkowe rozwijane przez organ roboczy maszyny. Z drugiej strony, mikromanipulatory (stosowane m.in. w operacjach na żywych komórkach, genach itd.) stawiają niespotykane wyzwania precyzji ruchów, która musi być o kilka rzędów wyższa, niż przyrodzona precyzja działania organów wykonawczych człowieka.

Przy współczesnym, wyrównanym pod względem parametrów technicznych poziomie konkurujących ze sobą maszyn – jednym z poważniejszych, poza ceną, kryteriów decydujących o konkurencyjności – jest szeroko rozumiana „przyjazność” maszyny dla operatora, wyrażająca się nie tylko poprawnym pod względem ergonomicznym rozwiązaniem stanowiska obsługi, ale także owym „dobrym wyczuwaniem” położenia i ruchu maszyny i jej elementów w przestrzeni pracy. Przekłada się to zresztą – przez niezawodność – na czynniki ekonomiczne.

Próba definicji

Nie można uporać się z problemem nim się go, stosownie do potrzeb, nie definiuje. Pojęcie „wyczuwania” maszyny przez operatora tylko w potocznym rozumieniu wydaje się oczywiste, natomiast w kategoriach obiektywnych jest trudne do zdefiniowania, ponieważ wrażenie lepszej czy gorszej wyczuwalności powstaje w świadomości człowieka wskutek skumulowanego oddziaływania różnych bodźców, dochodzących do mózgu kanałami zmysłowymi. Czynności sterownicze są wyrazem zaangażowania psychomotorycznego człowieka i „wyczuwalność” maszyny lub ogólniej: obiektu technicznego należałoby określać w tych właśnie kategoriach. W związku z tym „wyczuwalność” można określić, jako *poza-wzrokową percepcję kształtu i położenia obiektu technicznego lub/i jego elementów oraz sił związanych z funkcjonowaniem tego obiektu*. Oznacza to percepcję wyłącznie kinestetyczną lub/i wykorzystującą czucie głębokie [6].

Próba kwantyfikacji

Mierzenie „wyczuwalności” następcza podstawowe trudności metodologiczne. Zastosowanie do jego rozwiązania metod eksperckich – zawsze chętnie przywoływanych w trudnych chwilach – spełniałoby w tym przypadku rolę wytrycha, odkładając na później właściwe rozwiązanie. O zbyt duże pieniądze bowiem chodzi (konkurencja!), aby można było polegać na metodach bądź co bądź subiektywnych. Przechodząc zatem na płaszczyznę wskaźników obiektywnych, tj. liczb – nie sposób nie odnieść się do podstawowego prawa psychologicznego rządzącego percepcją bodźców: prawa Webera.

Prawo Webera głosi, że stosunek wyczuwalnego przyrostu natężenia bodźca

docierającego do receptorów człowieka (ΔP) do wartości bezwzględnej tego bodźca P jest wielkością stałą. Stosunek ten nazwano *ułamkiem Webera*. Zjawisko to odnosi się także do bodźców siłowych występujących przy obsłudze elementów sterowniczych. Wykazano doświadczalnie, że ułamek Webera dla sił wynosi około 0,06 [2]. Oznacza to, że człowiek wyczuwa przyrosty siły nie mniejsze niż 6% jej bezwzględnej wartości. Jednak poniżej pewnej wartości (ok. 45 N) – zależność między wyczuwalnym przyrostem siły a jej bezwzględną wartością przestaje być liniowa (rys.1). Oznacza to, że wprawdzie wyczuwane są coraz mniejsze przyrosty sił, to jednak dokładność wyczuwania, właśnie owa „wyczuwalność” – ulega raptownemu pogorszeniu. O ile przy sile 100 N wyczuwa się, zgodnie z prawem Webera, zmianę siły wynoszącą 6 N, to przy sile 10 N wyczuwa się wprawdzie zmianę rzędu tylko 1,6 N, ale stanowi to aż ok. 16% wartości bezwzględnej tej siły.

Ponieważ siły rozwijane na elementach sterowniczych ograniczone są przez wydolność i zmęczenie mięśni – wchodzi one, siłą rzeczy, w obszar pogarszającej się wyczuwalności, niebezpiecznie zbliżając się do progu wyczuwalności. Stawia to konstruktorów maszyn przed poważnym dylematem: do jakich granic zmniejszać obciążenie siłowe, aby nie powodowało niepotrzebnego wysiłku, ale jeszcze było wyczuwalne? Innymi słowy: jak zaprojektować układ sterowniczy, aby sterowanie odbywało się z najwyższą możliwą precyzją przy najniższym potrzebnym wysiłku?

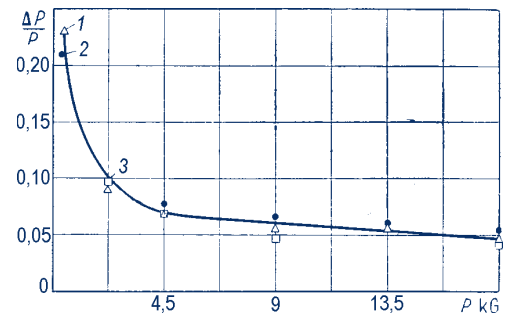
Pewną i jednoznaczną odpowiedź na to pytanie uzyskać można właściwie tylko doświadczalnie, ponieważ liczba zmiennych niezależnych przy projektowaniu układów i elementów sterowniczych sięga kilkunastu, a każda z nich ma na ogół wpływ na pozostałe. Tak więc, aby zaprojektować układ sterujący dopa-

sowany dobrze (co w praktyce oznacza: lepiej, niż w wyrobach konkurencyjnych) do cech psychomotorycznych człowieka należy przeprowadzić odpowiednie badania empiryczne, a najwłaściwsza do tego jest metoda symulacji [3]. W badaniach tego rodzaju konieczne staje się zastosowanie obiektywnego miernika jakości ergonomicznej, aby ilościowo ocenić, jaka kombinacja parametrów powoduje najlepszą regulację.

Podstawowymi kategoriami stosowanymi w kwalimetrii, zwłaszcza cech trudno mierzalnych („niemierzalnych”?) są: cecha mierzona, kryterium oceny i miernik. W przypadku „wyczuwalności” cechą mierzoną jest właśnie owa „wyczuwalność” (brak podstaw do wprowadzania innego terminu). Kryterium oceny może być porównanie badanego obiektu do wzorca (jeśli istnieje) lub do najlepszego znanego rozwiązania (np. wyrobu konkurencyjnego, poprzedniej wersji modernizowanego wyrobu, modelu funkcjonalnego itd.).

Prawdziwa jednak trudność zaczyna się przy próbach znalezienia wskaźnika „wyczuwalności”, który byłby obiektywny, powtarzalny i możliwy do aparaturowego określenia. Możliwe są w tym przypadku dwa rodzaje mierników: fizyczne i behawioralne. Klasyczne mierniki fizyczne zastosowano np. w badaniu „leżenia w ręce” elektronarzędzi [4], a były nimi: kierunek i częstość powstania błędu *oddalenia* punktu trafienia końcówką narzędzia od punktu zadanego [mm] oraz (mierzone sumą wektorową) kierunek i wielkość *kąta odchylenia osi narzędzia* od zadanego kierunku [°].

Do badań, w których stosuje się mierniki behawioralne zalicza się badania typu psychotechnicznego. W badaniach tych przedmiotem badań jest zazwyczaj koordynacja wzrokowo-ruchowa, a parametrami określającymi jej jakość są: czas wykonania zadania testowego i liczba popełnionych błędów. Wyczuwalność



Rys. 1. Wyczuwalność przyrostu siły na elemencie sterowniczym: 1 – kierownica, 2 – dźwignia, 3 – pedał – wg Jenkinsa, cyt. za [2]

obiektywnego, w tym przypadku aparatu testującego – jest ukryta w tych parametrach, gdyby bowiem zmienić jakiegokolwiek cechy morfologiczne lub informacyjne owego aparatu – wyniki byłyby lepsze lub gorsze, w każdym razie inne. Niedogodnością metod opartych na pomiarze czasu wykonania zadania i liczby błędów jest jaskrawa opozycja, występująca między tymi parametrami. Nie bardzo wiadomo czy lepsze jest szybsze wykonanie zadania, obarczone znaczną liczbą błędów, czy odwrotnie: wykonanie bezbłędne, ale za to przeciągające się w czasie. Próby syntetycznego pogodzenia tych przeciwstawnych wskaźników muszą mieć, siłą rzeczy – charakter arbitralny.

Na szczęście, dla wszelkich prac operatora polegających na sterowaniu ciągłym – dobrego i wypróbowanego w praktyce rozwiązania dostarcza automatyka przemysłowa.

Jakość regulacji jako obiektywny miernik wyczuwalności

Optymalizacja układów sterujących maszyn i urządzeń, szczególnie serwo- i teleoperatorów, jest w istocie rzeczy badaniem koordynacji wzrokowo-ruchowej. Do badania jakości ergonomicznej regulacji ciągłej należy zatem zastosować taki rodzaj miernika, który *integrowałby* skła-

dową czasu trwania działania ze składową błędą popełnianego podczas tego działania. Do syntezy tych, jak już powiedziano, przeciwstawnych choć zależnych składników – służyć mogą kryteria oceny jakości regulacji stosowane w teorii regulacji [1]. Z szeregu kryteriów oceny jakości regulacji stosowanych w automatyce najbardziej przystającym do potrzeb ergonomii jest kryterium całkowite, oparte na kształcie charakterystyki czasowej od-



Rys. 2. Symulator ED3. Widok z boku



Rys. 3. Fotel operatora (obok dźwignia sterownicza o zmiennej długości)

powiedzi operatora na wymuszenie skokowe [5]. Kryterium to spełnia dwa wymagania, jakie stawia badacz zajmujący się układem człowiek-obiekt techniczny:

– jest kryterium behawioralnym, tzn. opisuje realistycznie zachowanie („behavior”) układu: człowiek-obiekt techniczny, uwzględniając *iunctim* czasu i błędu regulacji;

– jest kryterium, które traktuje w jednakowych kategoriach oba człony układu, tj. człon techniczny i człon biologiczny.

Projektant maszyny ograniczony jest w swych decyzjach wieloma czynnikami konstrukcyjnymi, zawsze jednak pozostaje mu znaczny obszar dowolności, w ramach którego przeprowadzić może optymalizację układu. Jakość regulacji określona i zmierzona według kryterium całkowitego może stać się dogodnym narzędziem tej optymalizacji, pozwalając – przy zachowaniu wartości parametrów, które nie mogą być zmienione – określić pozostałe parametry na optymalnym z punktu widzenia ergonomii poziomie.

Symulator ED3

Do badań nad optymalizacją ergonomiczną układów sterujących maszyn klasy: serwo- i teleoperatorów zbudowano w Zakładzie Ergonomii Centralnego Instytutu Ochrony Pracy symulator typ ED3 (rys. 2) [7]. Symulator składa się ze sztywnej podstawy, na której usytuowano podium z typowym fotelem operatora (rys. 3) i robot przemysłowy IRp-60M. Z tyłu do podstawy przytwierdzono kolumnę, do której przymocowano poziomy wysięgnik, w którego przedniej części znajduje się zawieszenie monitora, zapewniające możliwość regulacji położenia monitora stosownie do indywidualnych potrzeb operatora. Po wysięgniku przesuwana się harmonijkowa osłona, sprzyjająca izolacji operatora pod

względem fizycznym i psychicznym od wpływów zewnętrznych.

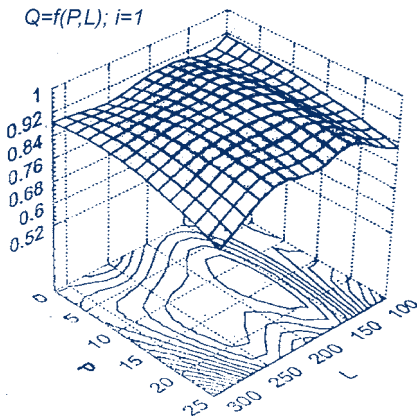
Zadaniem robota, pełniącego rolę bardzo sztywnego, a jednocześnie „inteligentnego” statywu, jest pozycjonowanie elementu sterowniczego, za pomocą którego operator steruje położeniem kursora na ekranie – przez samoczynną zmianę (zgodnie z programem eksperymentu) do pięciu parametrów przestrzennych: trzech współrzędnych liniowych: x , y , z i dwóch kątowych. W pewnych przypadkach – robot może być wykorzystany także do wykonywania czynności pomocniczych (np. w przypadku sterowania za pomocą dźwigni ręcznej o zmiennej długości – zmiana długości ramienia dźwigni). Operator (osoba testująca badany układ) realizuje zadanie sterowania nadążnego, polegające na śledzeniu za pomocą kursora – stochastycznie wygenerowanej na ekranie linii, za pomocą określonego w danym eksperymencie elementu sterowniczego (dźwigni ręcznej, pedału, kierownicy, pokrętła itp.). Zadanie to realizowane jest z możliwością zmiany kilkunastu parametrów (morfologicznych, regulacyjnych i informacyjnych) badanego układu sterującego. Repertuar zmiennych symulatora ED3 podano w tabeli.

Charakterystyka wyników badań otrzymanych przy zastosowaniu symulatora

Podstawową zaletą symulatora ED3 jest możliwość dokonywania *wieloparametralnej optymalizacji* parametrów ergonomicznych układu sterującego tak, aby cały układ sterujący był jak najlepiej wyczuwany przez operatora. Pozwala to konstruktorom na znaczną swobodę wyboru takiej spośród wielu możliwych konfiguracji parametrów układu, przy której poziom jakości regulacji jest najwyższy, a jednocześnie jest ona najdogodniejsza ze względów konstrukcyjnych.

Jako przykład posłużyć mogą wyniki badań nad optymalizacją dźwigni rękojeści sterowniczej, służącej do sterowania w układzie nadążnym [5]. Jakość regulacji Q badana była dla różnych wartości siły obciążającej rękojeść P , długości ramienia dźwigni L i przełożenia układu i . Najwyższą jakość regulacji uzyskano przy przełożeniu $i = 1$, dla długości $L =$

$$Q=f(P,L); i=1$$



Rys. 4. Skorelowany wpływ długości ramienia dźwigni sterowniczej L i siły na rękojeści dźwigni P na jakość regulacji – wg [5]

$160 \div 180$ mm i obciążeniu siłowym $P = 7 \div 20$ N (rys. 4). W tych zakresach zmienności konstruktor może dobrać konkretne wartości poszukiwanych parametrów, zachowując najwyższą dla tego układu jakość regulacji.

Zastosowania symulatora ED3

Wyżej zaprezentowana metoda oraz symulator ED3 mogą być wykorzystane bezpośrednio do prac badawczo-projektowych i rozwojowych w przemyśle. Znajduje on zastosowanie przy rozwiązywaniu:

- wybranych problemów optymalizacji ergonomicznej maszyn (np. wybór typu elementu sterowniczego najwłaściwszego dla danego rodzaju sterowania),

REPERTUAR PARAMETRÓW SYMULATORA ED3

| Lp. | Cechy układu sterującego | Parametry symulacji | Nastawianie | | Oznaczenie | Jedn. miary | Zakres zmienności |
|-----|--------------------------|---|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------------|
| | | | ręczne | automatyczne | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | morfologiczne | rodzaj elementu sterowniczego | + | | $R_{1...j}$ | – | 5 rodzajów |
| 2 | | forma | + | | $F_{1...kf}$ | – | 3 rodzaje |
| 3 | | wielkość | (+) | + | L | mm | $80 \div 315$ |
| 4 | | odległość czołowa | | + | x | mm | $300 \div 1000$ |
| 5 | | odległość boczna | | + | y | mm | $300 \div 750$ |
| 6 | | wysokość | | + | z | mm | $300 \div 1300$ |
| 7 | | kąt nachylenia względem poziomu | | + | α | ° | $0 \div 90^\circ$ |
| 8 | | kąt odchylenia od płaszczyzny strzałkowej | | + | β | ° | $-30 \div 90^\circ$ |
| 9 | regulacyjne | obciążenia siłowe | | + | P. | N | $0 \div 50$ |
| 10 | | przełożenie układu | | + | i | – | $1 \div 16$ |
| 11 | | charakterystyka przełożenia | | + | $C_{1...4}$ | – | 4 rodzaje |
| 12 | | inercja układu | | + | I_n | s | $0 \div 0,63$ |
| 13 | informacyjne | typ obrazu śledzonego | | + | I_{ma} | – | 2 rodzaje |
| 14 | | prędkość przesuwu obrazu | | + | v | mm/s | $10 \div 80$ |
| 15 | | sygnał słuchowy (dodatkowo) | | + | A_u | – | 2 rodzaje |
| 16 | | czas ekspozycji | | + | t_{ex} | min | $0,63 \div 120$ |

- określonych węzłów konstrukcyjnych układów sterujących (np. zaworu hydraulicznego ze względu na charakterystykę otwarcia),

- optymalizacji i projektowaniu zoptimalizowanych pod względem ergonomicznym elementów sterowniczych (np. dźwigni, joy-stick'ów, pokręteł itp.).

Możliwe jest przeprowadzanie badań modelowych z użyciem rzeczywistych, zmontowanych na symulatorze elementów i układów sterujących.

Symulator ED3 może znaleźć zastosowanie szczególnie w następujących dziedzinach:

- **maszyny robocze:** maszyny do robót ziemnych, manipulatory kuźnicze, roboty do eksploracji podwodnej (oceanotechnika), roboty do eksploracji planet, samoloty bez pilota sterowane zdalnie, układy naprowadzające na cel

- **maszyny robocze „serwisowe”:** urządzenia do zdalnej inspekcji mostów i wiaduktów, urządzenia do pracy na wysokościach, urządzenia do mycia znaków drogowych, urządzenia do odladzania samolotów

- **urządzenia laboratoryjne:** telemanipulatory laboratoryjne (izotopy, bakterie, chemia)

- **technika medyczna:** chirurgia laparoskopowa, mikromanipulatory medyczne (zapłodnienie *in vitro*, manipulacje na chromosomach)

- **technika telewizyjna:** urządzenia do studiów telewizyjnych (zdalna manipulacja kamer), urządzenia zdalnego nadzoru obiektów

- **systemy diagnostyczne:** urządzenia testujące człowieka (przydatność zawodowa/chwilowa sprawność), systemy diagnostyczne testujące jakość ergonomiczną układów sterujących maszyn

• **trenażery:** dla chirurgów laparoskopowych (zob. patent RP Nr 178 801), dla operatorów maszyn

Symulator ED3 może mieć również zastosowanie w badaniach naukowych, w dziedzinie ergonomii, do których jest, ze względu na bardzo elastyczne i wszechstronne oprogramowanie – dobrze dostosowany. Obszary badawcze, w których symulator służyć może jako podstawowe narzędzie to:

• **relacje: przestrzeń pracy – charakterystyka wyjścia motorycznego operatora:** wpływ kierunku i wielkości ruchów regulacyjnych (usytuowania elementów sterowniczych) na jakość regulacji, wpływ typu i wielkości elementu sterowniczego na jakość regulacji

• **dynamika operatora w procesie sterowania nadążnego:** wpływ obciążenia siłowego na jakość regulacji, badanie relacji między dokładnością regulacji a parametrami EMG, badanie sfery przejściowej między statyczną a dynamiczną pracą mięśni (określenie granicy), badanie strefy przejściowej między wspomaganiami a sterowaniem

• **percepcja i przepustowość kanałów sensorycznych:** wpływ wybranych (z repertuaru symulatora ED3) parametrów układu sterowniczego na jakość regulacji, na stres operatora, wpływ formy obrazowania informacji (formy sygnału uchybu) na jakość regulacji, na stres operatora, badania przepustowości kanałów sensorycznych w warunkach dynamicznej ekspozycji informacji

• **koordynacja wzrokowo-ruchowa i sterowanie:** wpływ wielkości i charakterystyki przełożenia na jakość regulacji, wpływ synergii sygnałów zwrotnych regulacji na jakość regulacji (możliwość substytucji sygnałów u osób niepełnosprawnych), wpływ korzystania z telefonu komórkowego na jakość regulacji, nowe metody i urządzenia do diagnostyki koordynacji wzrokowo-ruchowej.

Dydaktyka ergonomii

Osobnym obszarem zastosowania symulatora ED3 jest dydaktyka ergonomii, zwłaszcza na uczelniach technicznych, praktycznie na wszystkich kierunkach związanych z budową maszyn. Ergonomia jawi się przyszłym konstruktorom

maszyn, urządzeń i stanowisk pracy jako wiedza dość oderwana od nauki konstrukcji, głosząca wprawdzie szczytne hasła techniki „przyjaznej człowiekowi” lecz nie podająca (być może poza antropometrią) skutecznych sposobów osiągnięcia tego celu. Symulator ED3 jako atrakcyjne, żywe narzędzie badawcze oferuje studentom możliwość przekonania się z autopsji o zadziwiających zjawiskach zachodzących przy sterowaniu maszyn, jako grze o *wielu zmiennych* i sprzyja obaleniu w sposób empiryczny wielu opacznych stereotypów^{**}.

^{**} Na przykład „mała siła – lepsza dokładność”, „krótka dzwigenka – łatwiej operować” itd.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Antoniewicz J.: *Zarys automatyki*. PWN, Warszawa 1965
- [2] Faverge J., Leplat J., Guiguet B.: *Przystosowanie maszyny do człowieka*. PWN, Warszawa 1963
- [3] Lebahar J.-Ch.: *La simulation, instrument de représentation et de régulation dans la conception de produit*. W: Béguin P., Weill-Fassin A. (pod red.): *La simulation en ergonomie: connaître, agir et interagir*. Octares, s.77-96. Toulouse 1997
- [4] Słowikowski J.: *Analiza prawidłowości ergonomicznej zmechanizowanych narzędzi ręcznych*. (w:) Niektóre problemy ergonomii produktu. Prace i Materiały IWP, zeszyt (poza seria). Warszawa 1973
- [5] Słowikowski J.: *Metoda optymalizacji ergonomicznej układów sterujących maszyn wg kryterium jakości regulacji*. Prace i Materiały Instytutu Wzornictwa Przemysłowego, zeszyt 150, s. 65. Warszawa 1994
- [6] Słowikowski J.: *Metodologiczne problemy projektowania ergonomicznego w budowie maszyn*. Wydawnictwa Centralnego Instytutu Ochrony Pracy, s. 190. Warszawa 2000
- [7] Słowikowski J.: *Symulator ED3 do optymalizacji ergonomicznej układów sterujących serwo- i teleoperatorów*. Materiały Konferencji: Automatyzacja Produkcji 2000, Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej, seria: Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji, s. 235-238. Wrocław 2000

Praca wykonana w ramach Programu Wieloletniego (b. SPR-1) pn. „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych

dr inż. AGNIESZKA WOLSKA
Centralny Instytut Ochrony Pracy

J akkolwiek sprzęt komputerowy, w tym również monitory ekranowe, podlegają procesowi nieprzerwanych zmian i udoskonaleń, a jakość monitorów ekranowych jest nieporównywalnie lepsza niż kilka lat temu, to problemy ze zmęczeniem wzroku przy pracy z komputerem są wciąż powszechne. Jednym z głównych czynników, które wpływają na zmęczenie wzroku jest oświetlenie. Zgodnie z aktualnymi wymaganiami oświetleniowymi stanowisko z komputerem może być oświetlane za pomocą różnych systemów oświetleniowych, a tym samym, z wykorzystaniem różnych rodzajów opraw oświetleniowych. Stosując różne oprawy oświetleniowe można zapewnić oświetlenie spełniające wymagania norm, lecz nie jest to równoznaczne z zapewnieniem akceptacji zastosowanego systemu oraz dobrego samopoczucia jego użytkowników przy wykreowanym otoczeniu świetlnym. Wybór systemu oświetleniowego powinien być poprzedzony nie tylko analizą charakteru pracy z komputerem i cech pomieszczenia. Dodatkowo powinno się uwzględnić preferencje oświetleniowe użytkowników. Wyniki badań eksperymentalnych – prezentowanych w tym artykule – wskazują na różnice w preferencjach oświetleniowych na stanowisku z komputerem w zależności od takich (zmiennych) cech użytkowników, jak: płeć, wiek i doświadczenie przy pracy z komputerem. Przedstawimy wskazówki dotyczące wyboru systemu oświetleniowego uwzględniające charakterystykę użytkowników.

Badane systemy oświetleniowe

Badania eksperymentalne przeprowadzono w laboratorium modelowania oświetlenia dla czterech następujących systemów oświetleniowych:

- systemu oświetlenia bezpośrednio-pośredniego (rys.1a) – oprawy „mildes-light”;