

• **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<sup>\*\*</sup>.

<sup>\*\*</sup> Na przykład „mała siła – lepsza dokładność”, „krótka dzwignienka – 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”;

## Wybór systemu oświetleniowego na stanowiskach z komputerami a cechy użytkowników

- systemu oświetlenia bezpośredniego (rys. 1b) – oprawy „dark-light”,
- systemu oświetlenia pośredniego (rys. 1c) – oprawy zwieszakowe,
- systemu oświetlenia złożonego (rys. 1d) – oświetlenie ogólne: oprawy zwieszakowe oraz oświetlenie miejscowe: niskoluminancyjna oprawa oświetlenia miejscowego.

W celu uzyskania płynnej regulacji – emitowanego przez oprawy strumienia świetlnego – oprawy „mildes-light” oraz „dark-light” zasilane były z sieci trójfazowej (sekcjonowane po dwie oprawy do każdej z trzech faz) oraz podłączone były do sterownika strumienia świetlnego, natomiast oprawy oświetlenia pośredniego miały wysokoczęstotliwościowy elektroniczny układ stabilizująco-zapłonowy i podłączone były do potencjometru elektronicznego LPS 100/01. Zainstalowany w pomieszczeniu laboratorium system żaluzji i rolet zapewnił wyeliminowanie udziału światła dziennego w przeprowadzanych eksperymentach.

Dla wszystkich systemów oświetleniowych przyjęto, zgodnie z normą PN 84/E 02033 *Oświetlenie wewnątrz światłem elektrycznym*, że średni poziom natężenia oświetlenia na płaszczyźnie blatu stołu powinien wynosić co najmniej 500 lx oraz zastosowano świetlówki o barwie białej  $T = 4000\text{ K}$  i wskaźniku oddawania barw  $90 > R_a > 80$ .

Zapewnienie przez każdy z badanych systemów wymaganego poziomu natężenia oświetlenia decydowało o wartościach pozostałych mierzonych parametrów oświetleniowych, wpływających na otoczenie świetlne panujące w danym pomieszczeniu. Podstawowym parametrem decydującym o otoczeniu świetlnym w pomieszczeniu był rozkład luminancji. Można go określić za pomocą wartości średnich luminancji i równomierności luminancji na poszczególnych płaszczyznach oraz kontrastów luminancji między płaszczyznami znajdującymi się w polu

pracy wzrokowej. Uzyskane wartości kontrastów luminancji we wszystkich systemach oświetleniowych mieściły się w określonym przez PN-84/E-02033 zakresie 1:3, zapewniającym równomierny rozkład luminancji we wnętrzu. Przy wszystkich modelowanych systemach oświetleniowych zapewniono I klasę ograniczenia oślnienia.

Przeprowadzono badania eksperymentalne z udziałem 44 użytkowników obsługujących komputer z monitorem ciekłokrystalicznym, których zadaniem było prawidłowe rozpoznawanie różnych znaków na ekranie w ciągu około 1–1,5 h.

Każda z badanych osób brała udział w 4 sesjach eksperymentalnych, za każdym razem przy innym systemie oświetleniowym.

Po przeprowadzonej sesji eksperymentalnej badane osoby wypełniały kwestionariusz oceny warunków oświetleniowych. Pytania dotyczyły różnych aspektów związanych z postrzeganiem otoczenia świetlnego, oddziaływaniem oświetlenia na samopoczucie oraz wpływu oświetlenia na obraz prezentowany na ekranie monitora. Odpowiedzi udzielane były w 5-stopniowej skali nasilenia i uciążliwości występowania poszczególnych czynników związanych z oświetleniem.

Przy każdym z badanych systemów oświetleniowych występował inny rozkład luminancji w pomieszczeniu. Przy oświetleniu bezpośrednio-pośrednim występowała największa wartość luminancji ścian oraz największa równomierność luminancji (rys. 1a).

Największa nierównomierność rozkładu luminancji na ścianie za monitorem występuje w przypadku oświetlenia bezpośredniego, przy małych wartościach luminancji na całej ścianie (ściany wydają się być dość ciemne). Przy tym systemie występują najniższe wartości luminancji sufitu, co wynika z faktu, że światło z oprawy emitowane jest wyłącznie w półprzestrzeń dolną, a więc oświetlenie sufi-

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

tu pochodzi wyłącznie od odbić wielokrotnych od powierzchni pomieszczenia (rys. 1b). W efekcie równomierność luminancji sufitu jest największa.

Ze sposobu emisji światła przez oprawy systemu oświetlenia pośredniego (wyłącznie w górnej półprzestrzeni) wynikają największe wartości luminancji sufitu i najmniejsza równomierność luminancji sufitu (rys. 1c).

W przypadku oświetlenia złożonego (rys. 1d) o rozkładzie luminancji ścian i sufitu decyduje system oświetlenia pośredniego, a uzyskiwane mniejsze wartości luminancji wymienionych powierzchni pomieszczenia wynikają z mniejszego strumienia świetlnego emitowanego przez oprawy oświetlenia ogólnego (zapewnienie mniejszego poziomu natężenia oświetlenia w całym pomieszczeniu – 200 lx). Zastosowanie doświetlenia miejscowego w tym systemie powoduje wzrost kontrastu luminancji między ścianą pomieszczenia (dość ciemną) a jasnym blatem stołu czy ekranem monitora. Otoczenie dalsze (ściana) znajdowało się poza obrębem plamy świetlnej pochodzącej od oprawy oświetlenia miejscowego i dlatego było ciemniejsze.

Spośród badanych systemów oświetleniowych system oświetlenia bezpośredniego był najlepiej ocenionym przez osoby badane, gdyż:

– jedynie przy tym systemie znacznie więcej osób odczuwało komfort pracy wzrokowej niż dyskomfort,

– jedynie przy tym systemie znacznie większa liczba osób deklarowała możliwość pracy na stałe niż liczba osób, które nie chciałyby w tych warunkach oświetleniowych pracować na stałe,



Rys. 1. Wytworzone rozkłady luminancji przy modelowanych systemach oświetlenia: a – bezpośrednio-pośrednim, b – bezpośrednim, c – pośrednim, d – złożonym

– najmniejsza liczba osób stwierdzała występowanie nadmiernie jaskrawych płaszczyzn,  
– przy tym systemie stwierdzono, że czytelność znaków była najlepsza.

Uwzględniając jednak cechy osób badanych, takie jak: wiek, płeć i doświadczenie przy pracy z komputerem nie można jednoznacznie stwierdzić, że system ten był jednakowo dobrze oceniany przez wszystkich. Niektóre z ocenianych cech oświetleniowych wiążą się z wymienionymi cechami charakterystycznymi grupy, co wykazała przeprowadzona analiza korelacji.

Analiza korelacji Spearmana między oceną subiektywną oświetlenia a wiekiem, płcią i doświadczeniem osób badanych wykazała:

- związek między płcią badanych osób a stwierdzeniem występowania nadmiernie jaskrawych płaszczyzn oraz komfortowym wykonywaniem prac przy systemie pośrednim. Oznacza to, że kobiety częściej stwierdzały występowanie nadmiernie jaskrawych płaszczyzn, co mogło przyczynić się do rzadszej ich oceny tego systemu jako komfortowego do wykonywania prac,

- związek między płcią badanych osób a deklaracją pracy na stałe przy systemie oświetlenia bezpośredniego i pośredniego. Oznacza to, że kobiety rzadziej niż mężczyźni akceptowały te systemy,

- związek między stopniem doświadczenia badanych osób a komfortem pracy oraz deklaracją pracy na stałe przy systemie oświetlenia pośredniego. Oznacza to, że osoby o większym doświadczeniu przy pracy z komputerem (profesjonaliści) częściej akceptowały ten system, niż osoby o małym doświadczeniu (początkujący),

- związek między wiekiem badanych osób a deklaracją pracy na stałe przy systemach oświetlenia bezpośrednio-pośredniego, bezpośrednio i pośredniego. Oznacza to, że im starsze osoby, tym rzadziej akceptowały te systemy,

- związek między płcią badanych osób a oceną pomieszczenia jako nadmiernie jasnego i uciążliwością tej cechy oświetlenia przy systemie oświetlenia złożonego. Oznacza to, że przy tym systemie kobiety częściej stwierdzały, że pomieszcze-

nie jest nadmiernie jasne i było to dla nich bardziej uciążliwe,

- związek między doświadczeniem badanych osób a wpływem oświetlenia pośredniego na ich samopoczucie. Oznacza to, że więcej początkujących niż profesjonalistów odczuwało taki wpływ,

- związek między płcią badanych osób a wpływem oświetlenia złożonego na gorsze samopoczucie. Oznacza to, że więcej kobiet niż mężczyzn odczuwało taki wpływ,

- związek między doświadczeniem badanych osób a uciążliwością zbyt jasnego pomieszczenia. Oznacza to, że początkujący odczuwali większą uciążliwość niż profesjonalisci,

- związek między uciążliwością nadmiernie jaskrawych płaszczyzn przy oświetleniu złożonym a doświadczeniem przy pracy z komputerem i płcią badanych. Oznacza to, że dla początkujących i kobiet było to bardziej uciążliwe,

- związek między uciążliwością nadmiernie jaskrawych płaszczyzn przy oświetleniu bezpośrednim a doświadczeniem przy pracy z komputerem. Oznacza to, że dla początkujących było to bardziej uciążliwe niż dla profesjonalistów.

Przeprowadzono również badania siły związku między ocenami wybranych cech oświetlenia a wiekiem, płcią i doświadczeniem bez rozróżniania poszczególnych systemów oświetlenia. Wypływają stąd następujące wnioski:

- kobiety częściej stwierdzają występowanie nadmiernie jaskrawych płaszczyzn w pomieszczeniu i większą ich uciążliwość oraz w następstwie częściej oceniają pomieszczenie jako zbyt jasne, co również stanowi dla nich większą uciążliwość niż dla mężczyzn,

- kobiety częściej stwierdzają wpływ oświetlenia na gorsze samopoczucie,

- osoby o małym doświadczeniu przy pracy z komputerem częściej stwierdzają większe nasilenie uciążliwości: nadmiernie jaskrawych płaszczyzn oraz zbyt jasnego pomieszczenia,

- oświetlenie pomieszczenia ma przede wszystkim wpływ na samopoczucie osób o małym stopniu doświadczenia przy pracy z komputerem oraz osób starszych.

Dokończenie na str. 38

zgodnie z metodą podaną w normie PN-EN 168 (rozdział 13) [18], natomiast gogle zabezpieczające przed gazami i drobnymi cząstkami pyłu powinny być badane zgodnie z metodą podaną w rozdziale 14 tej normy. Wymagania dla tej grupy ochron podano w PN-EN 166 [19].

Zaproponowane metody badań mają charakter uniwersalny. Nie wykorzystują one rzeczywistych preparatów środków ochrony roślin, lecz substancje zastępcze m.in.: gazowy amoniak w przypadku wyznaczania odporności na drobne pyły i gazy (amoniak szybciej przenika do wnętrza gogli niż cięższe od niego środki ochrony roślin) i pył węglowy przy wyznaczaniu odporności na grube pyły (do badań stosowany jest pył węglowy o stężeniu ok. 2000 g/m<sup>3</sup>) [8].

Opracowanie kompleksowej metody badań pozwala obecnie na pełną ocenę parametrów ochronnych i użytkowych poszczególnych grup ochron osobistych.

#### PIŚMIENNICTWO

- [1] Pawłowska Z.: *Dobór zestawów ochron dla przykładowych stanowisk pracy w rolnictwie przy stosowaniu pestycydów*. CIOP, Warszawa 1977
- [2] Panasiuk L.: *Epidemiologia zatruczeń pestycydami w Polsce*. W: *Zagrożenia chemiczne w rolnictwie*. IMW, Lublin 1997
- [3] Pomorska K.: *Zagrożenia związane ze stosowaniem chemicznych środków ochrony roślin różnymi technikami*. W: *Zagrożenia chemiczne w rolnictwie*. IMW, Lublin 1997
- [4] Majczakowa W.: *Narażenie pracowników rolnictwa na pestycydy drogą wziewną i przez skórę*. W: *Medycyna Wiejska* 1982, XVII, z. 3-4
- [5] Badach H.: *Ocena narażenia na pestycydy pracowników zatrudnionych w szklarniach*. W: *Zagrożenia chemiczne w rolnictwie*. IMW, Lublin 1997
- [6] Bartkowiak G. i in.: *Środki ochrony indywidualnej dla rolników chroniące przed związkami chemicznymi I, II, III grupy toksyczności. Punkt kontrolny 1. Dokumentacja prac naukowo-badawczych*. CIOP, Zadanie badawcze 03.9.19. Warszawa 1998 (maszynopis)
- [7] Krzemińska S. i in.: *Środki ochrony indywidualnej dla rolników chroniące przed związkami chemicznymi I, II, III grupy toksyczności. Punkt kontrolny 2. Dokumentacja prac naukowo-badawczych*. CIOP, Zadanie badawcze 03.9.19. Warszawa 1998 (maszynopis)
- [8] Krzemińska S. i in.: *Środki ochrony indywidualnej dla rolników chroniące przed związkami chemicznymi I, II, III grupy toksyczności. Punkt kontrolny 3. Dokumentacja prac naukowo-badawczych*. CIOP, Zadanie badawcze 03.9.19. Warszawa 1999 (maszynopis)
- [9] EN 466 *Protective clothing – Protection against liquid chemicals – Performance requirements for chemical protective clothing with liquid – tight connections between different parts of the clothing (Type 3: Equipment)*
- [10] PN-EN 369 *Odzież ochronna. Ochrona przed płynnymi chemikaliami. Metoda badania. Odporność materiałów na przenikanie cieczy*
- [11] Wytyczne Federalnego Centrum Naukowego Rolnictwa i Leśnictwa w Niemczech (Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry Federal Republic of Germany.) Część I, 3 -3/2, 1988
- [12] Krzemińska S., Bartkowiak G.: *Metody badania odporności materiałów odzieżowych na przenikanie chemicznych środków ochrony roślin*. Międzynarodowa Konferencja pn. *Analityka we włókiennictwie*, Łódź-Arturówek 1998 (materiały konferencyjne)
- [13] EN 374-3 *Protective Gloves Against Chemicals and Micro-organisms. Determination of Resistance to Permeation*
- [14] PN-EN 344 *Wymagania i metody badań obuwia bezpiecznego, ochronnego i zawodowego do użytku w pracy*
- [15] PN-EN 345 *Wymagania dla obuwia bezpiecznego do użytku w pracy*
- [16] PN-EN 346 *Wymagania dla obuwia ochronnego do użytku w pracy*
- [17] PN-EN 347 *Wymagania dla obuwia zawodowego do użytku w pracy*
- [18] PN-EN 168 *Ochrona indywidualna oczu. Nie optyczne metody badań*
- [19] PN-EN 166 *Ochrona indywidualna oczu. Wymagania*

## Wybór systemu oświetleniowego...

Dokończenie ze str. 8

Osoby o dużym stopniu doświadczenia przy pracy z komputerem oraz osoby młodsze – rzadziej stwierdzały taki wpływ.

Z uwagi na współczynniki korelacji:  $r < 0,5$ , wnioski te ogólnie mówią jedynie o pewnej tendencji, która wynika z przeprowadzonych badań.

\* \* \*

Przy doborze systemu oświetleniowego zawsze pożądane jest uwzględnienie rodzaju wykonywanej pracy przy komputerze oraz preferencji użytkowników co do sposobu oświetlenia, zwłaszcza jeśli są to kobiety lub osoby starsze.

Jeśli nie można uzyskać danych o preferencjach oświetleniowych użytkowników,

dla których projektuje się nowe oświetlenie, to należy wziąć pod uwagę większość pracujących:

- mężczyźni, wówczas wskazane jest stosowanie systemu pośredniego lub bezpośredniego (z oprawami typu dark-light),
- osoby o dużym doświadczeniu przy pracy z komputerem, wtedy wskazane jest stosowanie systemu pośredniego,
- osoby o małym doświadczeniu przy pracy z komputerem, to nie zaleca się stosowania systemu pośredniego,
- osoby starsze, wówczas wskazane jest stosowanie systemu złożonego,
- kobiety lub osoby o małym doświadczeniu przy pracy z komputerem – powinno ograniczać się zwłaszcza wartości średnich luminancji ścian i powierzchni stanowiska pracy (najlepiej poniżej 60 cd/m<sup>2</sup>).

Kierowanie się przedstawionymi wskazaniami lub zbieranie opinii użytkowników co do ich preferencji oświetleniowych może w znacznym stopniu przyczynić się do zminimalizowania problemów związanych z narzekaniem pracowników na złe oświetlenie. Ma to szczególne znaczenie wówczas, gdy podejmujemy w zakładzie pracy działania zmierzające do zmiany oświetlenia w pomieszczeniach. Przedstawienie projektantowi oświetlenia informacji o oczekiwaniach i preferencjach użytkowników może w przyszłości przyczynić się zarówno do innego nastawienia pracowników na problem oświetlenia ich miejsca pracy, jak i skłonić projektantów do tego, aby ich projekty nie powstawały w sposób sztampowy, lecz żeby uzyskany efekt oświetleniowy sprzyjał dobremu samopoczuciu.