

112  
U N I W E R S Y T E T   Ś L ą S K I

---

81

ZOFIA RATAJCZAK

# PSYCHOLOGIA INŻYNIERYJNA



---

KATOWICE 1974

331.054 : 159.944 : 007 : 331.015.11

11235/60  
1974

REDAKTOR NACZELNY  
WYDAWNICTW UNIWERSYTETU ŚLĄSKIEGO

*Jan Błaż*

REDAKCJA  
*Anna Lubasiowa*



z. 225829

*Wydawca*

UNIWERSYTET ŚLĄSKI W KATOWICACH, UL. BANKOWA 14

Nakład: 1000+25 egz. Ark. druk. 4,75. Ark. wyd. 5,00. Papier piśm. kl. V 70×100. Druk  
ukończono w kwietniu 1974 r. — Zam. 169/74 — H-12

Cena zł 6,50

DRUKARNIA UNIWERSYTETU ŚLĄSKIEGO, ul. Stefana Batorego 4, 41-506 Chorzów-Batory

## SPIS TREŚCI

### ROZDZIAŁ I

PRZEDMIOT PSYCHOLOGII INŻYNIERYJNEJ I JEJ GENEZA . . . . .	5
--	---

### ROZDZIAŁ II

ZAKRES PROBLEMATYKI PSYCHOLOGII INŻYNIERYJNEJ I JEJ POWIĄZANIA Z INNYMI DYSCYPLINAMI NAUKOWYMI . . . . .	10
--	----

### ROZDZIAŁ III

METODY BADAŃ . . . . .	18
------------------------	----

### ROZDZIAŁ IV

ANALIZA PRACY OPERATORA . . . . .	31
1. Rodzaje czynności wykonywanych przez operatora . . . . .	32
Odbiór informacji . . . . .	32
Przetwarzanie informacji (procesy przeddecyzyjne i decyzyjne) . . . . .	35
Czynności przekazywania informacji . . . . .	35
2. Cechy czynności („parametry” działania człowieka) . . . . .	37
Szybkość . . . . .	37
Dokładność . . . . .	39
3. Cechy wykonawców czynności . . . . .	41
Temperamentalne cechy wykonawców czynności . . . . .	42
Cechy sprawnościowe . . . . .	43
4. Klasyfikacja zadań . . . . .	49

### ROZDZIAŁ V

PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIA WYNIKÓW PSYCHOLOGII INŻYNIERYJNEJ . . . . .	51
1. Projektowanie i konstrukcja układów człowiek — maszyna . . . . .	51
Pojęcie układu człowiek — maszyna . . . . .	51
Rodzaje układów człowiek — maszyna . . . . .	53
Podział funkcji między człowieka i maszynę . . . . .	54
2. Projektowanie i konstrukcja poszczególnych elementów maszyny . . . . .	55
Urządzenia informujące . . . . .	55
Urządzenia sterownicze . . . . .	63
3. Projektowanie stanowisk pracy operatorów . . . . .	69
LITERATURA . . . . .	71



## ROZDZIAŁ I

# PRZEDMIOT PSYCHOLOGII INŻYNIERYJNEJ I JEJ GENEZA

Właściwe przedstawienie problematyki psychologii inżynierskiej nie jest rzeczą łatwą. Główna trudność wypływa stąd, że psychologia inżynierska jako samodzielna dyscyplina naukowa wyodrębniła się zaledwie dwadzieścia parę lat temu i jako młoda dziedzina wiedzy boryka się wciąż jeszcze z wieloma trudnościami zarówno natury metodologicznej, jak i terminologicznej. Poważną przeszkodą przy próbie syntetycznego ujęcia całości problematyki jest również stan rozproszenia olbrzymiej liczby publikacji opisujących badania prowadzone w licznych ośrodkach badawczych, laboratoriach przemysłowych, uniwersytetach oraz instytutach naukowo-badawczych<sup>1</sup>.

Uogólnienie rosnącego w sposób lawinowy materiału badawczego jest zadaniem tak pracochłonnym, że przekracza ono możliwości jednego, nawet najbardziej skrupulatnego badacza. Dlatego też najwybitniejsi spośród psychologów zajmujący się omawianą tu problematyką, jak np. A. Chapanis, nie żyjący już Paul Fitts, czy B. Łomow, wypowiedali pogląd i nadal go utrzymują, że dla dalszego rozwoju psychologii inżynierskiej niezbędne jest opracowanie jednolitego stanowiska teoretycznego oraz ujednoczenie metod badań. Jest to możliwe tylko przy zespoleniu wysiłków rozmaitych placówek badawczych, ścisłych ich kontaktach i szybkiej wymianie informacji o uzyskanych wynikach badań. Niezbędne jest również krytyczne przemyślenie dotychczasowego dorobku badawczego.

---

<sup>1</sup> Wystarczy wspomnieć, że wydane w 1961 roku zestawienie bibliograficzne obejmujące prace, które ukazały się w USA i krajach Europy Zachodniej, zawierało 25 tysięcy pozycji.

Uświadomienie sobie faktu, że danej dyscyplinie nie wystarczają ramy czystego empiryzmu, że potrzebna jest solidniejsza podstawa teoretyczna świadczy, iż dziedzina ta wyszła już z okresu początkowego. Wyjaśniając jednakże genezę psychologii inżynierskiej, trzeba wyraźnie zaznaczyć, że krytykowany gdzie indziej "ciasny empiryzm" w przypadku omawianej tu dyscypliny był zjawiskiem w pełni uzasadnionym, a nawet w znacznej mierze pozytywnym. Dzięki niemu zmniejszył się bowiem od dawna istniejący w psychologii przedział między teorią i praktyką. Empirystyczny charakter psychologii inżynierskiej jest odbiciem pewnych prawidłowości, charakteryzujących jej rozwój jako dyscypliny naukowej, takiej mianowicie dyscypliny, która jest ściśle powiązana z konkretną dziedziną działalności ludzkiej, z praktyką organizowania pracy przebiegającej w warunkach zasadniczo odmiennych od tych, jakimi zajmowała się tradycyjna psychologia pracy.

Powstanie psychologii inżynierskiej wiąże się z historycznym procesem rozwoju narzędzi pracy, tak więc dyscyplina ta oparła się częściowo na osiągnięciach psychologii pracy.

Różnica między psychologią inżynierską a innymi działaniami psychologii pracy polega na tym, że zajmuje się ona przystosowaniem pracy do człowieka, podczas gdy inne działy psychologii pracy badają przystosowanie człowieka do pracy. Trzeba tu jednak powiedzieć, że nie każde przystosowanie pracy do człowieka jest przedmiotem psychologii inżynierskiej, jest ona bowiem tylko jedną z nauk o tym procesie. Od innych nauk tej grupy różni się tym, że zajmuje się tylko pewnym rodzajem pracy, a mianowicie pracą polegającą na sterowaniu procesami i obiektami znajdującymi się poza zasięgiem zmysłów i rąk człowieka.

Dla zrozumienia głównych zagadnień składających się na problematykę psychologii inżynierskiej niezbędne jest wyodrębnienie i wyraźne uświadomienie sobie różnicy między pracą polegającą na bezpośrednim kontakcie człowieka z przedmiotem pracy a pracą, w której ten przedmiot został usunięty z bezpośredniego zasięgu narządów zmysłów i rąk człowieka. Taki właśnie charakter ma praca, której treścią jest obsługa nowoczesnych urządzeń i maszyn. Analiza tego typu pracy nie może się ograniczać tylko do sprawdzenia działania człowieka, człowiek musi być rozpatrywany jako element układu, jako jedno z ogniw układu człowiek - maszyna. W praktyce okazało się bowiem, że od ludzkiego ogniw układu wymaga się sprawności psychofizycznych w stopniu znacznie przewyższającym zakres jego możliwości. Rozzerwanie naturalnej więzi między podmiotem i przedmiotem pracy zrodziło nowe problemy, do których tradycyjna psychologia pracy nie była przygotowana. Liczne przypadki błędów, załamań, a nawet rezygnacji z wykonywanych czynności

przy obsłudze urządzeń radarowych, urządzeń podsłuchowych w łodziach podwodnych, wreszcie błędy popełniane przez pilotów zwróciły uwagę na człowieka, który niejednokrotnie dowiódł, że jest ogniwem układu najbardziej zawodnym. Pojawiło się pytanie: Dlaczego? Próba odpowiedzi na nie to właśnie lawina badań szczegółowych stawiających sobie za cel ustalenie takich parametrów fizycznych pozostałych ogniw układu, aby ich obsługa nie sprawiała człowiekowi nadmiernych trudności. Zaczęto wówczas mówić o przystosowaniu maszyn i urządzeń do psychofizjologicznych właściwości człowieka. Zagadnienie przystosowania nowoczesnego wyposażenia wojskowego powstało właśnie pod koniec II wojny światowej, jakkolwiek idea dostosowania narzędzi pracy do człowieka jest bardzo stara, tak stara jak same narzędzia pracy. Po zakończeniu wojny osiągnięcia psychologów-eksperymentalistów wciągniętych do współpracy z inżynierami-konstruktorami nowych układów technicznych z zakresu wojskowości (radar, kabina pilota itp.) zostały przeniesione do przemysłu, transportu i innych dziedzin życia rozwijających się pod wpływem nowoczesnej techniki.

Wpływ rozwoju techniki na pracę ludzką przejawia się nie tylko w fakcie, że człowiek zwalniany jest z pewnych odcinków działania (np. nie wykonuje ciężkich prac fizycznych lub prostych, lecz żmudnych operacji rachunkowych itp.), lecz także w tym, że powierza mu się zupełnie nowe zadania, jakościowo różne od poprzednich. Te dwie formy wpływu rozwoju techniki postawiły przed nauką dwa rodzaje odrębnych i w pewnym stopniu sprzecznych zadań. Pierwsze związane jest z przekazywaniem coraz bardziej skomplikowanych funkcji maszynom, w wyniku czego udział człowieka w procesie produkcyjnym konsekwentnie się zmniejsza, drugi rodzaj zadań nauki - to wykorzystanie pewnych unikalnych właściwości człowieka i wydawanie mu poleceń złożonych, w których maszyny nie "potrafią" go wyręczyć. Realizacja tych zadań wymaga dokładnego poznania odpowiednich funkcji psychofizjologicznych i psychicznych.

Jak wiemy, konstruktorzy urządzeń imitujących procesy spostrzegania mają bójkę najwięcej kłopotów. Okazało się, że o wiele łatwiej zbudować maszynę "myślącą" albo urządzenie "pamięciowe", składową część każdej elektronicznej maszyny liczącej. Najtrudniej natomiast stworzyć analogony procesów, które w schemacie psychologii uchodzą za najprostsze, a więc procesów percepcyjnych.

Innymi słowy, drugi rodzaj zadań wiąże się z koniecznością racjonalnego powiązania funkcji człowieka z funkcjami ogniw maszynowych w układach człowiek-maszyna. I te właśnie zadania stają przed psychologią inżynierską. Jednakże oba rodzaje zadań wymagają znalezienia wspólnego języka między

psychologami i technikami. Z jednej bowiem strony trzeba badać i opisywać procesy psychofizjologiczne i psychiczne tak, aby były one porównywalne z analogicznymi procesami przebiegającymi w maszynie, z drugiej zaś - trzeba wyodrębnić specyfikę tych procesów, jeśli mają one posłużyć jako obiekt modelowania. Już dziś wiadomo, że tym wspólnym językiem jest język matematyczny (głównie te dziedziny matematyczne, które stanowią teoretyczną podstawę cybernetyki, a więc teoria informacji, teoria mnogości, logika matematyczna i statystyka matematyczna). Przenikanie metod matematycznych do psychologii jest w ostatnich latach bardzo znamienne. Jednakże matematyzacja psychologii, jak zauważył Oszanin<sup>2</sup>, wymaga wysiłku nie tylko ze strony psychologów. Potrzebne jest również twórcze zaangażowanie matematyków, aby opracować metody matematyczne uwzględniające całą złożoność, wieloczynnikowość psychiki ludzkiej.

Cytując słowa jednego z twórców cybernetyki N. Wienera, można powiedzieć, że jedną z niewielu korzyści, jakie dała ostatnia wojna światowa, był gwałtowny rozwój wynalazczości, "świeża krew wstrzyknięta do badań naukowych". Ale bardzo szybko okazało się, że postęp techniczny stwarza nie tylko nowe możliwości, lecz i nowe ograniczenia. Konieczność uwzględniania natury tzw. czynnika ludzkiego w technice nie tyle z punktu widzenia komfortu pracy, lecz głównie ze względu na wysoki stopień niezawodności działania całego układu, jest oczywistym dowodem ograniczeń, jakie musi przyjąć technika. Ujmując w skrócie genezę psychologii inżynierskiej, można powiedzieć, że zrodził ją rozwój techniki ujawniający słabość ogniwa ludzkiego.

Zapotrzebowanie społeczne na usługi psychologii w tak specyficznej dziedzinie, jaką jest technika, a zwłaszcza tworzenia nowych układów systemo-technicznych, określiło charakter psychologii inżynierskiej jako dyscypliny, która z jednej strony opiera się na eksperymencie naukowym, z drugiej zaś jest jedną z najbardziej zbliżonych do praktyki dziedzin psychologii stosowanej.

Dlaczego więc tak trudno określić przedmiot nowej dyscypliny? Przyczyny tych trudności są różne. Przedmiotu nowej dyscypliny nie ustala się nigdy arbitralnie, niejako z góry. Przedmiot wszelkiego poznania, a zwłaszcza poznania naukowego, powstaje stopniowo, wyłania się jakby dzięki mniej lub

---

<sup>2</sup>D.A. Oszanin: Przedmiotowe dziejstwie jak informacyjnyj process, "Woprosy Psichologii" 1970, nr 1.



bardziej systematycznym zabiegom badawczym. To właśnie one stopniowo konstytuują przedmiot danej dyscypliny. Inną przyczynę trudności stanowi fakt, że przy próbach wyodrębniania przedmiotu danej dziedziny naukowej wymienia się po prostu z a d a n i a stojące przed jej reprezentantami. Właśnie tej trudności nie udało się ominąć w przypadku psychologii inżynierskiej. Do dziś w popularnych podręcznikach z tego zakresu można spotkać określenie psychologii inżynierskiej jako dyscypliny zajmującej się p r z y s t o s o w a n i e m maszyn i urządzeń do człowieka. A więc mamy tu do czynienia z typowym podstawieniem: zamiast przedmiotu dyscypliny wysuwa się zadanie przed nią stojące. To nieporozumienie rodzi szereg innych kłopotów natury terminologicznej. Do chwili obecnej nie zostało ustalone, jak powinna nazywać się dziedzina, przed którą stoi zadanie przystosowania maszyn do człowieka. I tak, obok psychologii inżynierskiej spotyka się inne nazwy tej dziedziny wiedzy, jak: ergonomia, biotechnologia, nauka o czynnikach ludzkich, antropotechnika itp.

Można sądzić, że wymienionych nieporozumień można byłoby uniknąć, gdyby zgodzić się, że w realizacji z a d a n i a, jakim jest przystosowanie maszyn i urządzeń do psychofizjologicznych i psychicznych cech człowieka, powinni brać udział specjaliści różnych nauk o człowieku, z których każda ma wyraźnie wyodrębniony p r z e d m i o t badań.

W owym podstawieniu przedmiotu przez zadania tkwi również źródło nieporozumień metodologicznych. Przedmiotem psychologii inżynierskiej jest człowiek wykonujący pracę typu operatorskiego, tj. taką pracę, w której przedmiot pracy nie znajduje się w bezpośrednim zasięgu zmysłów i rąk człowieka i w której informacja o nim dociera do człowieka w formie zakodowanej, a jego oddziaływanie na przedmiot pracy jest zdalne. Psychologia inżynierska zajmuje się działaniem człowieka o tyle, o ile jest to potrzebne do realizacji zadania: lepiej przystosować maszyny i urządzenia do człowieka. W tym właśnie sensie jest ona działem psychologii pracy, gdyż podobnie jak ta dziedzina wiedzy zajmuje się pracą człowieka. Wyniki badań psychologii inżynierskiej służą bardzo specyficznym celom: są użyteczne przy konstruowaniu urządzeń, które będzie obsługiwał człowiek w procesie zdalnego sterowania przedmiotem pracy.

## ROZDZIAŁ II

# ZAKRES PROBLEMATYKI PSYCHOLOGII INŻYNIERYJNEJ I JEJ POWIĄZANIA Z INNYMI DYSCYPLINAMI NAUKOWYMI

Zespolenie tak odległych gałęzi wiedzy, jakimi są technika i psychologia, pociąga za sobą pewne konsekwencje natury ogólniejszej. Przede wszystkim na tle tego zespolenia stało się możliwe, a nawet niezbędne, rozpatrywanie człowieka i maszyny pod pewnym wspólnym kątem widzenia, porównywanie możliwości człowieka z możliwościami maszyny, mimo że procesy zachodzące w maszynie są jakościowo różne od procesów psychicznych. Uzyskanie odpowiedzi na pytanie pod jakimi względami człowiek przewyższa maszynę, a pod jakimi jej ustępuje, ma coraz większe znaczenie zarówno teoretyczne, jak i praktyczne.

Psychologia inżynierska zajmuje się ze szczególną uwagą porównywaniem człowieka i maszyny pod względem funkcji, które przypadają każdemu z tych ogniw. Funkcje wykonywane przez człowieka w danym układzie takie, jak: wyodrębnianie, rozpoznawanie i identyfikacja sygnałów, podejmowanie odpowiednich decyzji oraz wykonywanie zgodnych z tymi decyzjami czynności sterowniczych, występują w rozmaitych powiązaniach, w zależności od warunków zadań, jakie ma przed sobą operator i warunków ich wykonywania. W konkretnych sytuacjach jedne z tych funkcji dominują, inne mają charakter podrzędny. Operator dokonuje swoistej integracji działania poszczególnych ogniw układu i reguluje własne sposoby zachowania odpowiednio do zmian zachodzących w sterowanych obiektach.

Opracowanie wspólnej płaszczyzny, na której mogą być rozpatrywane cechy człowieka i właściwości maszyny, umożliwiło również posługiwanie się wspólnymi terminami, jak np. "wejście sensoryczne" w odniesieniu do narządów zmysłowych człowieka, "zdolność przepustowa" w odniesieniu do cech układu nerwowego, "niezawodność działania" w odniesieniu do jego sprawności w pracy itp.

Powstanie psychologii inżynierskiej jest również przykładem, potwierdzającym istnienie dwu, pozornie sprzecznych tendencji panujących we współczesnej nauce. Jedną z tych tendencji polega na zawężaniu poszczególnych gałęzi wiedzy, wyrażającym się w tzw. wąskiej specjalizacji. Druga prowadzi do scalania poszczególnych gałęzi wiedzy ludzkiej w jednolitą naukę. Powstanie i rozwój cybernetyki jest ukoronowaniem dążenia do jednolitości nauki. Jak wiadomo, cybernetyka zajmuje się badaniem najogólniejszych zależności, jest syntezą osiągnięć wielu dziedzin naukowych nieraz bardzo oddległych od siebie.

Psychologia inżynierska usiłuje godzić obie wspomniane wyżej tendencje. Jest ona raczej bardziej pomostem niż pograniczem; pomostem łączącym zespół nauk o człowieku z grupą nauk technicznych, a jednocześnie stanowi bardzo wąski wycinek wiedzy o człowieku dotyczącej jego działania, gdy chodzi o zdalne sterowanie procesami produkcyjnymi oraz rozmaitymi urządzeniami technicznymi.

Sama nazwa "psychologia inżynierska" jest odbiciem dążenia do pogodzenia spraw człowieka ze sprawami techniki na bardzo ściśle wyznaczonym odcinku działania ludzkiego, jakim jest projektowanie i konstrukcja układów "człowiek - maszyna". Termin "psychologia" oznacza w tym przypadku, że chodzi o dane odnoszące się do człowieka, określenie "inżynierska", że mamy do czynienia z tymi wielkościami charakteryzującymi zachowanie człowieka, które trzeba uwzględniać przy projektowaniu nowoczesnego wyposażenia, aby praca ludzka była wydajna, łatwa i dawała mu maksimum zadowolenia.

Tak więc w nazwie tej "psychologia" oznacza coś więcej niż psychologia w ścisłym sensie, chociaż stanowi ona główny trzon w zespole nauk dotyczących tzw. czynnika ludzkiego. Drugi człon omawianej nazwy ma na celu podkreślenie specyficznego zastosowania wyników badań psychologicznych.

Znalezienie trafnego terminu oddającego w pełni złożoną treść nowej dyscypliny nie było sprawą prostą. Do dziś jeszcze trwają nieporozumienia terminologiczne powodujące zamęt nie tylko wśród niespecjalistów interesujących się tymi zagadnieniami, lecz także w środowiskach naukowych. Wystarczy wymienić długą listę proponowanych terminów na określenie omawianej dziedziny, aby uświadomić sobie trudności w doborze najbardziej odpowiedniej nazwy. Badania nad przystosowaniem maszyn i urządzeń do człowieka nazywano rozmaicie: stosowaną psychologią eksperymentalną, stosowaną psychofizjologią, badaniami układu człowiek - maszyna (man-machine systems research), biotechnologią, psychotechnologią, inżynierią ludzką (human engineering), antropotechniką oraz psychologią inżynierską.

Jak widać z tego, we wszystkich przytoczonych wyżej przypadkach chodziło o określenie spraw związanych z charakterystykami człowieka w związku z projektowaniem urządzeń technicznych, w których najważniejsze funkcje powierzy się człowiekowi.

W Stanach Zjednoczonych oraz w Związku Radzieckim ostatecznie przyjęto obecnie termin "psychologia inżynierska", co wydaje się najbardziej poprawne jeszcze i z tego względu, że psychologia inżynierska jest jednym z działów psychologii pracy. I chociaż w wielu badaniach mających na celu ustalenie charakterystyk człowieka uczestniczą również fizjologowie oraz przedstawiciele nauk pokrewnych, np. antropolodzy, bądź specjaliści z zakresu medycyny pracy, tym niemniej większość laboratoriów i ośrodków badawczych prowadzona jest pod fachowym kierownictwem psychologów.

Czytelnik interesujący się omawianą przez nas problematyką może zetknąć się jeszcze z terminem "ergonomia" lub "ergonomika". Określenia te zostały wprowadzone w Wielkiej Brytanii, rozpowszechniły się we Francji oraz w niektórych krajach Europy Zachodniej, skąd zostały przeniesione do Polski.

W naszym rozumieniu ergonomia jest jedną z nazw dziedziny *d z i a ł a l n o ś c i* praktycznej mającej na celu optymalizację warunków pracy z punktu widzenia psychologii, fizjologii, antropologii oraz innych nauk o człowieku.

Można też uważać, że ergonomia jest pewną postawą, która wyraża dążenie do kompleksowego rozwiązywania praktycznych zagadnień z tego zakresu. Zamienne używanie terminów "psychologia inżynierska" i "ergonomia" jest odbiciem pewnego nieporozumienia zacierającego subtelna różnicę pomiędzy wynikiem badania naukowego a praktycznym zastosowaniem tego wyniku. Różnica między psychologią inżynierską a ergonomią jest różnicą pomiędzy nauką stosowaną a wdrożeniową<sup>3</sup>. Nie można wobec tego mówić o metodach badań ergonomicznych w sensie metod badań podstawowych. Praktycznie stosowana metoda ergonomicznej analizy pracy, w której wyniki mają przyczynić się do

---

<sup>3</sup> Sama myśl o konieczności przystosowywania pracy do człowieka nie jest zupełnie nowa, pojawiła się ona w psychologii pracy już w latach dwudziestych. Odpowiednią dziedzinę badań nazywano wówczas psychotechniką obiektywną w odróżnieniu od psychotechniki subiektywnej, która zajmowała się zagadnieniem przystosowania człowieka do pracy (selekcja psychologiczna, zagadnienia szkolenia zawodowego itp.). Jednakże realne możliwości wprowadzenia w życie tak ważnego postulatu powstały dopiero pod koniec II wojny światowej, a zwłaszcza po jej zakończeniu, kiedy to konkretne badania psychologiczne stały się niezbędnym etapem pracy nad projektowaniem urządzeń technicznych.

lepszego przystosowania pracy do człowieka, może być wartościowa jedynie pod warunkiem ścisłego współdziałania psychologa, fizjologa i przedstawiciela techniki. Dlatego też w praktyce mamy do czynienia z zespołami odpowiednich fachowców, z których każdy analizuje pracę i ogół jej warunków ze swojego punktu widzenia, własnymi wyspecjalizowanymi metodami.

Omówiona wyżej różnica między psychologią inżynierską i ergonomią nie jest jedynym przykładem nieporozumień terminologicznych. Lista pojęć wymagających wyjaśnień i dyskusji jest długa. W pracach dotyczących omawianej tu problematyki brak jest np. jednoznacznego rozumienia treści takich pojęć, jak "zadanie", "czynność", czy też "funkcja", a bywa też używany termin "operacja" w podobnych kontekstach. Często pojęć tych używa się zamiennie, nie podając znaczenia każdego z nich, a przecież nie mają one identycznej treści.

Innym przykładem niejasności terminologicznych jest centralne dla psychologii inżynierskiej pojęcie "przystosowania". Jest ono używane jako synonim zharmonizowania np. cech maszyny z właściwościami psychofizjologicznymi człowieka. "Przystosowanie" jest więc tu rozumiane statycznie i bardzo wąsko. A przecież w pracy typu operatorskiego chodzi nie tylko i nie głównie o uwzględnianie właściwości psychofizjologicznych człowieka. Taki pogląd charakterystyczny był dla wczesnej fazy rozwoju badań typu psychologiczno-inżynierskiego. W chwili obecnej przytoczone rozumienie zakresu badań byłoby rażącym ograniczeniem.

Obecnie wysuwa się postulat całościowego albo też - jak inni wolą - systemowego podejścia w badaniach nad zachowaniem się człowieka - operatora.

Dalszą trudność natury terminologicznej sprawia pojęcie "informacji". Jest ono używane najczęściej bez zastrzeżenia, o jaką informację chodzi, czy informację rozumianą w sensie matematycznym czy też o informację semantyczną.

Kontynuowanie dyskusji terminologicznej w gronie specjalistów byłoby przy takim stanie rzeczy niezwykle pożądane. Nie jest celem tej pracy wyłowienie wszystkich niejasności terminologicznych. Chodzi tu tylko o zasygnalizowanie takiej potrzeby, a także o usprawiedliwienie pewnych niekonsekwencji w przedstawianiu problematyki psychologii inżynierskiej wynikłych właśnie wskutek braku jednolitej i ścisłej aparatury pojęciowej. Trudności terminologiczne w psychologii inżynierskiej wynikają nie tylko z faktu stopniowego konstytuowania się jej przedmiotu i metod badań, stanowią one odbicie podobnych kłopotów istniejących w psychologii ogólnej. Tak więc wyłania się problem wzajemnego powiązania psychologii inżynierskiej z psychologią ogólną. Jest to fragment ogólniejszego problemu: a mianowicie

cie, jaki jest stosunek nauki stosowanej do nauki podstawowej. Różnica zasadnicza między nimi polega, jak się zdaje, nie tyle na tym, że każda z nich ma odrębny przedmiot i odrębny zbiór metod, lecz przede wszystkim dyscypliny te mają odmienny sposób wyjaśniania uzyskiwanych faktów i stosowania ich w praktyce. Wykorzystanie wyników uzyskanych w ramach nauki podstawowej jest pośrednie, w nauce stosowanej droga do praktyki jest krótsza, mówimy o bezpośrednim zastosowaniu wyników badań.

Na czym więc polega podkreślana często inspirująca rola dyscypliny stosowanej dla teorii? I odwrotnie, jakich "korzyści" oczekuje dyscyplina praktyczna od dyscypliny teoretycznej? Warto w tym miejscu przytoczyć rozważania czołowego w tej dziedzinie reprezentanta radzieckiego B. Łomowa. Rozważa on wzajemne powiązania między psychologią ogólną i psychologią inżynierską.

Psychologia inżynierska powstała w pewnej fazie rozwoju techniki w celu rozstrzygnięcia praktycznych zagadnień wyłaniających się przy współpracy człowieka z nowymi maszynami. Bardzo ważne okazało się w związku z tym opracowanie problemu współdziałania człowieka i maszyny w zakresie wymiany informacji.

Byłoby to niemożliwe bez dokonania analizy procesów poznawczych. W tradycyjnym, podręcznikowym schemacie problematyki psychologicznej procesy poznawcze umieszczone są w następującej kolejności: wrażenia - spostrzeżenia - wyobrażenia - pamięć i wreszcie procesy myślenia. Obecnie coraz częściej wszystkie te procesy rozpatruje się jako informacyjne, wyróżniając ich funkcje, jakie pełnią w procesie regulacyjnym całego układu, w którym człowiek jest jednym z elementów. Funkcje te to odbiór informacji (wrażenia, spostrzeżenia), przechowywanie informacji (pamięć) przetwarzanie informacji (myślenie). Tak więc badanie procesów poznawczych jako procesów informacyjnych pozwoliło lepiej zrozumieć ów tradycyjny schemat pojęciowy. Bliższa analiza procesu odbioru sygnałów wzrokowych - głównie znaków - wykazała, że proces, który dotąd nazywano spostrzeganiem jest o wiele bardziej skomplikowany. Udało się wyodrębnić obok właściwego procesu spostrzegania również proces rozpoznawania, bynajmniej nieidentyczny z nim.

Rozpoznawanie utonęło w tradycyjnej psychologii w niejasnych pojęciach takich, jak doświadczenie, kategoriałność spostrzeżeń, apercepcja itp. Obecnie uważa się, że spostrzeganie to proces formowania subiektywnego obrazu przedmiotu, natomiast rozpoznanie to porównanie obrazu percepcyjnego do wzorca stanowiącego pewne uogólnienie przechowane w pamięci<sup>4</sup>.

<sup>4</sup>Wprawdzie już w międzywojennym podręczniku psychologii Władysława W i t w i e k i e r a (Warszawa 1963 PWN) znajdujemy wspomnienie proces-

Dalszy rozwój badań nad procesami informacyjnymi sprawił, że wprowadzono dalsze pojęcia, takie jak "poszukiwanie informacji" dla zaznaczenia różnicy między biernym odbiorem napływających sygnałów, a aktywnością skierowaną ku urządzeniom dostarczającym informację. Ma to miejsce w przypadku, gdy człowiek sam odczuwa tzw. głód informacyjny i gdy musi go zlikwidować dla realizacji zadania, które np. nieoczekiwanie wyłoniło się w toku pracy

Trzeba było wprowadzić również pojęcie "wykrywania" (detection) np. wykrywania sygnałów z tła (tzw. szumu), dokonywania wyboru w procesie identyfikacji bodźca sygnałowego. Analiza procesów występujących w trakcie odbioru informacji wykazała, że należy wprowadzić również pojęcie "progu operatywnego". W psychologii inżynierskiej istnieje wiele badań nad tzw. operatywnym polem widzenia różnym od pola widzenia ustalonego za pomocą tradycyjnych przyrządów.

W wyniku tych zmian stracił na ostrości tradycyjny w psychologii spór dotyczący stosunku wrażenia do spostrzeżenia. Okazało się bowiem, że zjawiska określane tymi pojęciami różnią się znacznie od tych, za jakie je uważano w tradycyjnej psychologii. Okazało się również, że fakty dowodzące prawdziwości przeciwstawnych koncepcji teoretycznych bynajmniej nie przeczą sobie. Tak np. zakwestionowano słusność przeciwstawienia danych tzw. psychofizyki obiektywnej, danym tzw. psychofizyki subiektywnej, gdyż okazało się, że prawa ustalone w ramach każdej z nich odnoszą się do różnych z natury zjawisk percepcyjnych.

Wyniki badań prowadzonych w ramach psychologii inżynierskiej spowodowały również zmiany w poglądach na podstawowe cechy obrazu spostrzeżeniowego takie, jak stałość, struktura, całościowość. Ogólny wniosek, jaki stawia B. Żonow jest następujący: Dzięki badaniom, których wyniki mają służyć bezpośrednio praktyce, tzn. z inspiracji praktyki, możliwe jest dokonanie nowych uogólnień, stanowiących wkład w ogólną teorię psychologii, a w szczególności w system twierdzeń dotyczących procesów sensorycznych.

Jeszcze bardziej charakterystyczny jest wkład psychologii inżynierskiej do teorii procesów zwanych uwagą. W podręcznikach akademickich można znaleźć rozmaite określenia, nieraz wręcz rugujące termin "uwaga", np. jest to strona wszystkich procesów psychicznych, co sugeruje, że chodzi tu po prostu o świadomość. Inni znów używają określenia "komponent" działania lub nazywają ją jeszcze inaczej jako "wyraz stosunku świadomości do przedmiotu spostrzegania".

W psychologii inżynierskiej przywrócono terminowi "uwaga" właściwą treść, nie odstępując się od samej nazwy. W 1967 r. odbyło się np. w Ho-

---

sów spostrzegania i rozpoznawania, jednakże obecnie mamy na ten temat dane eksperymentalne.

landii symposium na temat "Uwaga i przetwarzanie informacji"<sup>5</sup>. W psychologii inżynierskiej uwagę rozpatruje się w związku z selektywnym działaniem układów sensorycznych i ich samonastajaniem się. Znane od dawna zjawisko spontanicznych wahań uwagi (tzw. fluktuacji) rozpatruje się obecnie jako proces samonastajania się układów sensorycznych człowieka. Jest to przejaw regulacji "zdolności przepustowej" tych systemów, która polega na utrzymaniu owej zdolności przepustowej na stosunkowo stałym poziomie przez dłuższy okres czasu. Uwagę rozpatruje się w innym jeszcze, kontekście (którego Łomow nie uwzględnia) i w innych ramach, a mianowicie jako "czuwanie" (vigilance), zwłaszcza że w tym zakresie stawia się człowiekowi-operatorowi wysokie wymagania.

Podobnie ma się sprawa z problemem pamięci i myślenia. Badania nad funkcjami pamięci w pracy operatorskiej ujawniły potrzebę stworzenia nowej klasyfikacji zjawisk pamięci. W tradycyjnej psychologii zajmowano się głównie pamięcią długotrwałą, lecz okazało się, że prawa ją obowiązujące nie mają zastosowania w pracy operatora. Trzeba było te nowe fakty określić nowym pojęciem. Tak więc mówi się obecnie o pamięci operatywnej albo krótkotrwałej (short-term memory).

Również procesy myślenia występujące najczęściej przy rozwiązywaniu zadań stojących przed operatorem mają specyficzny charakter i zostały nazwane "myśleniem operatywnym". Podkreśla się szczególnie udział myślenia w jego funkcji prognozyjnej jako przewidywania.

Nowe tendencje zarysowały się również w badaniach nad strukturą czynności roboczych (wykonawczych). Na uwagę zasługują tu szczególnie wyniki badań nad wykonywaniem ciągłych zadań percepcyjno-motorycznych zwane potocznie śledzeniem. Zadanie to wymaga zharmonizowania dynamiki ruchu rąk z dynamiką ruchu sygnału. Do poważniejszych osiągnięć zalicza się stworzenie matematycznej funkcji przełożeniowej, opisującej dokładnie zachowanie się operatora w tego typu sytuacji.

Sumując powyższe, Łomow zauważa, że gdy tylko jakieś pojęcie psychologiczne zostanie wprzęgnięte do rozważań usiłujących wyjaśnić pewien praktyczny problem, zaczyna ono jakby żyć nowym życiem, wchodząc w nowy system pojęć, aż wreszcie jego nieco rozmyty kontur znaczeniowy nabiera nowej wyrazistości i stanowi wartościowsze, niż poprzednio narzędzie wyjaśniania.

---

<sup>5</sup> Attention and performance. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, London 1969.



Trzeba podkreślić fakt, że nigdy psychologia nie była tak bardzo zaangażowana w rozwiązywanie praktycznych zadań jak obecnie. To włączenie się do praktyki przyniosło owoce dwojakiego rodzaju: rozwój na niebywałą skalę badań eksperymentalnych oraz w ostatecznej konsekwencji - poprawę warunków pracy typu operatorskiego. Warto przypomnieć, że eksperymentowanie w psychologii jest sztuką bardzo trudną. Wynika to z konieczności eliminowania czynników zbędnych, zakłócających obraz zmiennych interesujących eksperymentatora.

## ROZDZIAŁ III

# METODY BADAŃ

Podkreślenie złożoności człowieka jako przedmiotu badania może się wydać truizmem. Fakt ten należy jednak szczególnie podkreślić, gdyż w środowiskach technicznych nie zawsze jest on w należytej mierze rozumiany. Wszelkie uproszczenia w tym zakresie mogą nieraz pociągnąć za sobą poważne konsekwencje odbijające się niekorzystnie na pracy przyszłego operatora obsługującego układ, którego projekt oparto na takim właśnie uproszczonym rozumieniu badań psychologicznych.

Jak już wspomniano, badania w psychologii inżynierskiej mogą być prowadzone z punktu widzenia człowieka lub z punktu widzenia układu. W obu przypadkach człowiek uczestniczy w badaniach, ale jego udział służy nieco odmiennym celom. Jakie metody służą do osiągnięcia tych celów?

Badania prowadzone z punktu widzenia człowieka mają na celu odpowiedzieć na pytania: z jaką szybkością i dokładnością spostrzega on sygnały oraz jakich operacji myślowych musi dokonać, aby informacja w nich zakodowana była przydatna do podejmowania odpowiednich decyzji: jaki jest zakres pamięci zaangażowanej w procesie odbioru informacji; na ilu źródłach sygnalizacji człowiek potrafi skoncentrować swoją uwagę; jakie są mechanizmy regulacji precyzyjnych ruchów niezbędnych w procesie manipulowania rozmaitymi sterami itp.

Jest to badanie czynników wewnętrznych, które stanowią tu zmienne zależne. Wyniki takich badań mogą mieć nieraz charakter bardzo ogólny, mogą okazać się przydatne jako materiał do zbudowania np. ogólnej teorii regulacji ruchów lub przyczynić się do pogłębienia wiedzy dotyczącej problemu spostrzegania. Taki punkt widzenia jest charakterystyczny dla psychologów radzieckich. Natomiast amerykańską psychologię inżynierską cechuje podejście empiryczne, polegające na traktowaniu człowieka jako środka badania

właściwości urządzeń technicznych. Badania prowadzone w USA mają na celu uzyskanie odpowiedzi na pytania w rodzaju: jak skonstruować skalę lub ster, aby uzyskać najlepsze wyniki w pracy operatora, a to pociąga za sobą zastosowanie metody eksperymentalnej.

Celem wielu badań amerykańskich jest uzyskanie bardzo konkretnych wyników nadających się do wykorzystania przy projektowaniu jakiegoś określonego układu. Projektowanie nowego układu będzie najprawdopodobniej wymagało nowych badań, dlatego m.in. liczba prac poświęconych problemom cząstkowym bardzo szybko rośnie i utrudnia orientację w tak ogromnej ilości materiału. Jedne zagadnienia są szczegółowo opracowane, inne zaś nie doczekały się jeszcze jasnego sformułowania. Na przykład w Stanach Zjednoczonych od 20 lat nieustannie bada się tarcze urządzeń wskaźnikowych, prowadzone są poszukiwania nowych typów sygnalizacji, a jednocześnie mało uwagi poświęca się badaniom struktury spostrzegania odpowiednich sygnałów. A przecież wydaje się oczywiste, że te zagadnienia są ze sobą ściśle powiązane. W wyniku przedstawionej wyżej tendencji brak ciągle odpowiedzi np. na podstawowe pytanie: w jaki sposób człowiek dokonuje tak skomplikowanej operacji, jaką jest rozszyfrowywanie kodu, a jest to operacja najbardziej charakterystyczna i najważniejsza w działalności operatora.

W związku z tym w psychologii inżynierskiej stosuje się również wiele technik szczegółowych znanych w psychologii pracy, jak np. technika pobierania próbek czynności. Dobrym przykładem może być praca Christensena, który notował co 5 sekund wszystko, co robią nawigator i operator obsługujący urządzenie radarowe w czasie trwania lotu w ciągu 15 godzin. Analiza wyników umożliwiła określenie, gdzie, w trakcie wykonywania jakich czynności można zaoszczędzić najwięcej czasu, poprzez modyfikację jakiego urządzenia można usprawnić proces obsługi itp.

Warto wymienić również technikę zdarzeń krytycznych, którą zastosowali Fitts i Jones zajmujący się ustaleniem najważniejszych problemów wymagających rozwiązania przy projektowaniu kabiny samolotu. Wypytywali oni pilotów o specjalne trudności występujące w ich pracy przy obsłudze sterów oraz w procesie odbioru informacji z urządzeń wskaźnikowych. Uzyskane odpowiedzi zostały następnie sklasyfikowane według stopnia ważności, a wynikające z nich postulaty uwzględniono w projekcie nowej kabiny.

Pewną odmianą powyższej metody jest wywiad z doświadczonymi pilotami bądź operatorami danego urządzenia w celu ustalenia subiektywnej oceny ważności i częstości używania poszczególnych elementów badanego wyposażenia.

Warto wymienić również metodę wykrywania błędów i ich analizę pod względem jakościowym. W badaniu nad układem człowiek-maszyna stosuje się również szczegółową analizę statystyczną błędów człowieka i błędów poszczególnych ogniw maszynowych w celu ustalenia względnej wielkości wariancji błędu wnoszonej przez człowieka, przez maszynę oraz przez wpływ ich wzajemnego oddziaływania. Metodę tę szczegółowo przedstawił A. Chapanis oraz B. Łomow.

Wyżej omówione techniki wykrywania pewnych faktów zawierają elementy właściwe metodom zarówno jakościowym, jak i ilościowym. Jak wiadomo, metody ilościowe w psychologii polegają na dokonywaniu pomiarów badanych zjawisk. Stosowanie ich jest możliwe dzięki temu, że wszelkie zjawiska i procesy psychiczne przebiegają w czasie oraz że pewne fakty natury psychologicznej są powtarzalne, a cechy psychiczne charakteryzują się stopniowalnością.

W ostatnich latach, pod wpływem rozwoju takich gałęzi techniki, jak telemechanika, teoria automatów, radiotechnika, a zwłaszcza pod wpływem cybernetyki, do pewnych dziedzin psychologii, a głównie do psychologii inżynierskiej, przeniknęły metody matematyczne oparte na rachunku prawdopodobieństwa i nowych koncepcjach statystycznych. Są to przede wszystkim metody z zakresu teorii informacji oraz teorii algorytmów. Warto je omówić zarówno ze względu na rosnące zainteresowanie psychologów tymi metodami, jak i z uwagi na wzrost krytycznych zastrzeżeń.

Teoria informacji jako najbardziej abstrakcyjna i ogólna zajmuje się tym, co jest wspólne we wszystkich procesach komunikacyjnych zarówno w układach technicznych, jak w człowieku i innych organizmach żywych. Dlatego właśnie teoria ta znajduje szerokie zastosowanie tak w technice, na terenie której zostały sprecyzowane najważniejsze pojęcia i twierdzenia (Wiener, Shannon), jak i w psychologii, fizjologii, medycynie, lingwistyce i innych tradycyjnie niematematycznych naukach.

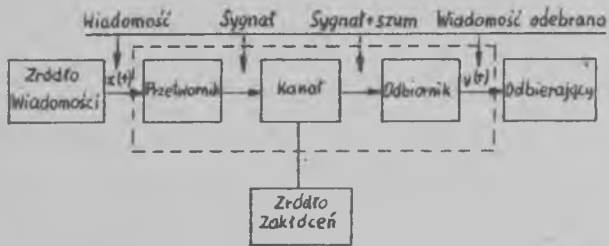
Najważniejszym warunkiem właściwego wykorzystania teorii informacji w psychologii jest jasne uświadomienie sobie zakresu jej stosowania. Rzecz jasna, że przede wszystkim ważne jest zapoznanie się z systemem podstawowych pojęć oraz twierdzeń z tego zakresu.

Aby właściwie zrozumieć zasadniczą myśl omawianej teorii, trzeba wszystkie fakty i zjawiska związane z przekazywaniem jakościowo różnych wiadomości sprowadzić do schematu maksymalnie abstrakcyjnego, jakim jest układ łączności.

Każdy, nawet najprostszy, układ łączności składa się z następujących elementów: 1) źródła informacji, dysponującego pewną liczbą rozróżnialnych i o różnym znaczeniu dla odbiorcy wiadomości.

domości, których zespół nazywamy k o m u n i k a t e m; 2) nadajnika, który wybiera z danej liczby wiadomości jedną, podlegającą następnie przekazywaniu (nadajnik przekształca daną wiadomość w s y g n a ł nadający się do przeprowadzenia poprzez kanał łączności); 3) k a n a ł u ł ą c z n o ś c i, którym jest odpowiednie środowisko fizyczne, za pośrednictwem którego odbywa się przekazywanie sygnałów od nadajnika do odbiornika, (w kanale łączności sygnał może i najczęściej ulega zniekształceniu pod wpływem zakłóceń zwanych s z u m e m), 4) o d b i o r n i k a, dokonującego powtórnego przekształcenia sygnału w celu przywrócenia treści zakodowanej w sygnale. Działanie odbiornika jest więc odwrotne do działania nadajnika. Aby odbiornik mógł przywrócić zakodowaną uprzednio treść sygnału musi "znać" wszystkie wiadomości oraz "język" źródła informacji.

Aby uzupełnić powyższy schemat, wymienimy jeszcze dwa elementy: n a d a w c ę i a d r e s a t a. Nadawcą i adresatem może być człowiek, lecz mogą w tej funkcji wystąpić również jakieś urządzenia techniczne (rys. 1).



Rys. 1. Abstrakcyjny schemat układu łączności

Rys. 1 przedstawia uogólniony, abstrakcyjny schemat układu łączności. Dla właściwego zrozumienia, w jaki sposób stało się możliwe stosowanie teorii informacji w konkretnych badaniach psychologicznych, ważne jest jeszcze pojęcie "prawdopodobieństwa", pojęcie "sygnału" (ściśle ze sobą powiązane) oraz pojęcie zakresu możliwości sensorycznych "kanałów" człowieka, za pomocą których odbierane są sygnały. Narządy zmysłowe przystosowane do odbioru określonych bodźców fizycznych, za pomocą których objawiają się sygnały, stanowią takie właśnie kanały łączności.

Sygnałem może być jakiegokolwiek zjawisko lub proces fizyczny niosący informację o jakimś zdarzeniu. Funkcją sygnału jest więc przenoszenie informacji bez względu na to, w jakiej formie fizycznej dany sygnał występuje. Musi być jednak spełniony warunek izomorficzności (odpowiedniości) sygnału w stosunku do zdarzenia, o którym niesie on informację. Im mniej prawdopo-

dobne jest to zdarzenie, tym w większym stopniu sygnał likwiduje niepewność związaną z jego oczekiwaniem i tym więcej zawiera informacji.

Tak więc, z pojęciem sygnału w sposób nierozzerwalny wiąże się pojęcie prawdopodobieństwa, stanowiące istotę ilościowej oceny informacji, gdyż prawdopodobieństwo jest l i c z b ą.

Jeżeli wystąpienie każdego z pewnej liczby zdarzeń jest jednakowo prawdopodobne, to ich liczba lub jakaś monotoniczna funkcja rosnąca tej liczby może być przyjęta jako miara ilości informacji przypadającej na sygnał.

W istocie rzeczy, procesy przekazywania informacji są procesami w y b o r u z określonej liczby możliwych zdarzeń (alternatyw). W teorii informacji ważny jest fakt, że jedna wiadomość, czy też jeden sygnał został w y b r a n y z danej liczby możliwych (Shannon).

Wraz z rozwojem techniki obliczeniowej bardzo wzrosła rola dwójkowego układu liczb, gdyż elektromechaniczne, elektronowe oraz półprzewodnikowe przekaźniki w rozmaitych maszynach liczących posiadają dwa ustabilizowane stany, które utożsamia się z zerem lub jedynką. Między innymi dlatego wybór funkcji dla określenia prawdopodobieństwa ukazania się sygnału, a więc ilości zawartej w nim informacji, padł na logarytm o zasadzie dwa. Za jednostkę informacji przyjęto  $\log_2 2$ . Otrzymała ona nazwę "bit" (z angielskiego terminu "binary digit", co znaczy jednostka dwójkowa). Oznacza to, że najprostszym przypadkiem odzwierciedlającym sytuację określoną za pomocą jednej jednostki dwójkowej (bitu) jest istnienie dwu jednakowo prawdopodobnych zdarzeń, gdzie prawdopodobieństwo każdego z nich wynosi  $\frac{1}{2}$ . Tak więc jednemu bitowi informacji odpowiada wybór jednej z dwu jednakowo prawdopodobnych możliwości. Zasób informacji o każdym z jednakowo prawdopodobnych zdarzeń określa się według następującego wzoru:

$$H = \log_2 \frac{1}{P}, \quad (I)$$

gdzie:

H - informacja o zdarzeniu,

P - prawdopodobieństwo zajścia danego zdarzenia.

Może się jednak zdarzyć, że prawdopodobieństwo każdego ze zdarzeń będzie inne, wówczas informację o każdym z nich, tak zwaną informację indywidualną, można uzyskać za pomocą podobnego wzoru:

$$h_1 = \log_2 \frac{1}{P_1}, \quad (II)$$

gdzie:

- $h_1$  - informacja o  $i$ -tym zdarzeniu,  
 $p_i$  - prawdopodobieństwo  $i$ -tego zdarzenia.

Dla obliczenia średniej ilości informacji przypadającej na każde zdarzenie w pewnej liczbie zdarzeń alternatywnych, stosuje się następujący wzór Shannona-Wienera:

$$H = \sum_{i=1}^{i=k} p_i \log_2 \frac{1}{p_i}, \quad (\text{III})$$

gdzie:

- $H$  - średnia ilość informacji,  
 $p_i$  - prawdopodobieństwo  $i$ -tego zdarzenia.

Średnia ilość informacji przypadająca na jedno zdarzenie, czy też na jeden symbol pomnożona przez liczbę symboli i podzielona przez jednostkę czasu, daje nam wartość określającą średnią prędkość przekazywania informacji, czyli tzw. zdolność przepustową kanału.

Z powyższego wynika, że pojęcie sygnału można rozpatrywać w kilku aspektach. Jako zdarzenie mogące wystąpić z określonym stopniem prawdopodobieństwa, sygnał rozpatrywany jest z czysto informacyjnego punktu widzenia w znaczeniu przyjętym w teorii informacji. Z drugiej strony, owa materialność sygnału, fakt że musi on wystąpić w jakiejś konkretnej formie, aby mógł być odebrany za pośrednictwem odpowiednich narządów zmysłowych, daje podstawę do rozpatrywania sygnału pod kątem jego psychofizycznych charakterystyk. Możemy więc mówić o **p s y c h o f i z y c z n y m** aspekcie sygnału.

Problem psychofizycznych charakterystyk sygnałów jest w literaturze najpełniej opracowany. Istnieją szczegółowe dane, dotyczące progów poszczególnych rodzajów wrażliwości, progów spostrzegania oraz progów czułości. W badaniach nad psychofizycznym zakresem możliwości odbiorczych człowieka chodzi o ustalenie zdolności jego narządów zmysłowych do rejestrowania określonych procesów fizycznych, za pomocą których objawiają się sygnały.

Informacyjny aspekt sygnału jest związany ze zdolnością do intuicyjnej oceny ilości informacji zawartej w sygnale (oceny prawdopodobieństwa). Ocena prawdopodobieństwa wiąże się zawsze z mniej lub bardziej uświadomio-

nym odczuciem l i c b y możliwych zdarzeń. Ocena taka jest możliwa dzięki temu, że człowiek ma swego rodzaju wrodzony aparat statystyczny służący do opracowywania napływających nieustannie sygnałów. Aparat ten umożliwia przewidywanie pewnych zdarzeń, oczywiście pod warunkiem, że wszystkie możliwości wystąpienia danej liczby zdarzeń są uprzednio znane człowiekowi.

Ilość informacji zawarta w sygnale jest jedną z jego cech obiektywnych. Odzwierciedlenie tej cechy przez człowieka dokonuje się w aktach opartych na reakcjach z wyborem takich, jak identyfikacja, rozpoznawanie i różnicowanie. Subiektywnie rzecz biorąc, prawdopodobieństwo sygnału mierzone jest przez człowieka stopniem nieoczekiwalności sygnału (im mniej oczekiwany, tym więcej zawiera informacji) lub stopniem złożoności wyboru.

Tak więc teorię informacji można stosować w przypadku, gdy mamy do czynienia z procesami psychicznymi o wyraźnej strukturze wyboru. Jest to jedno z najważniejszych ograniczeń teorii informacji jako metody służącej do badań psychologicznych.

Jest jeszcze jeden aspekt omawianego tu pojęcia sygnału - ściśle psychologiczny, związany ze specyficznym ludzkim sposobem odbierania sygnałów. Jako odbiornik informacji człowiek jest nastawiony nie tylko na odbiór informacyjnej strony sygnału (poprzez odzwierciedlenie prawdopodobieństwa jego wystąpienia), lecz również jego w a ż n o ś c i.

Sygnał może mieć różny stopień doniosłości dla człowieka bez względu na jego obiektywną treść informacyjną wyrażoną w bitach. Ważność jest miarą subiektywnego stosunku do danego sygnału. Nawet najdoskonalsze urządzenie techniczne nie jest zdolne do odbioru tej jego cechy. Na sygnały o większej ważności człowiek reaguje szybciej. W pracy polegającej na zdalnym sterowaniu, specjalny rodzaj wrażliwości człowieka na ważność sygnałów odgrywa doniosłą rolę.

Głównym celem stosowania metod teorii informacji do badań z zakresu psychologii inżynierskiej jest określenie zdolności człowieka do odbioru, przetwarzania oraz przekazywania informacji. Jak wskazuje doświadczenie ostatnich lat, rozwiązanie tego zagadnienia mimo usilnych starań napotyka poważne trudności. Istnieją liczne wyniki badań dotyczące tzw. "zdolności przepustowej" kanałów sensorycznych człowieka (pojęcia analogiczne do zdolności przepustowej kanału łączności), mimo to wielkość ta do dziś określaną jest empirycznie, a wyniki są bardzo rozbieżne. Sytuację tego rodzaju najlepiej zilustruje zestawienie wyników różnych badaczy w tabeli 1.

Tak duża rozbieżność w uzyskiwanych wynikach jest powodem, iż wciąż jeszcze odczuwa się brak wystarczających podstaw do wysnuwania prognoz od-



T a b e l a 1

Szybkość odbioru informacji w bitach na sekundę  
(dane odnoszące się do analizatora wzrokowego)  
zestawione przez Fatkina

O b l i o z e n i a				
według danych Andersona i Fittsa	według danych Sziklaiego	według danych Łomowa	według danych Glezera, Cukiermana i Cykuncowej	według danych Sperlinga
20	50	60	70	1200

nośnie do skuteczności działania projektowanych środków sygnalizacji.

Perspektywa uzyskania ilościowej charakterystyki procesów psychologicznych związanych z odbiorem, przetwarzaniem i przekazywaniem informacji jest niezmiernie kusząca zarówno ze względów teoretycznych, jak i w praktyce projektowania układów. Nic więc dziwnego, że metody teorii informacji bardzo szybko przeniknęły do konkretnych badań psychologicznych. Powstała nawet pewna gałąź psychologii inżynierskiej zajmująca się procesami ściśle związanymi z odbiorem informacji, jakimi są elementarne procesy poznawcze: wyodrębnienie, rozróżnienie i identyfikacja pod nazwą "inżynierska psychologia spocstrzegania" (Zinczenko).

Teorię informacji do konkretnych badań psychologicznych zastosowali po raz pierwszy H.W. Hake oraz W.R. Garner w 1951 roku. Były to badania dokładności, z jaką człowiek identyfikuje położenie wskazówki na skali liniowej. W badaniach nad identyfikacją osoba badana postawiona jest w sytuacji wyboru, gdyż istotą tego procesu jest odniesienie przedmiotu eksponowanego do jednego ze znanych sobie punktów (na skali). Dlatego przed przystąpieniem do właściwej serii eksperymentów trzeba zapoznać badanego z serią eksponowanych następnie bodźców. Skala w eksperymentach Hake i Garnera zaopatrzona była tylko w dwie podziałki 1 oraz 100. Zadanie operatora polegało na tym, aby ustalić położenie wskazówki bez pomocy obiektywnych wskaźników czy też innych środków pomiaru. Liczba położzeń wskazówki wahała się w poszczególnych próbach od 5 do 50. Np. w jakiejś jednej próbie osoba badana miała za zadanie identyfikację położenia wskazówki w jednym z pięciu możliwych miejsc na skali, w innych zaś próbach jedno z dziesięciu lub jedno z pięćdziesięciu itp. W wyniku przeprowadzonych eksperymentów okaza-

ło się, że człowiek w każdym z poszczególnych doświadczeń potrafi zidentyfikować mniej więcej taką samą liczbę pozycji wskazówki. Liczba ta wynosi 9, co oznacza, że człowiek dokonał wyboru nie więcej niż z dziewięciu alternatyw. Wraz ze wzrostem liczby alternatyw notowano wzrost błędów. Jeśli wyrazić tę wielkość w jednostkach informacji, to bodziec, którym była wskazówka przemieszczająca się wzdłuż jednej linii, zawierał nie więcej niż 3,25 bita informacji.

Badania nad identyfikacją bodźców wzrokowych, jak np. prostych figur geometrycznych, linii, barw oraz stopni jasności, prowadzili G.W. Eriksen i H.W. Hake, J. Pollack i E.T. Klemmer, A. Chapanis.

Z większości danych wynika, że liczba dokładnie identyfikowanych bodźców wynosi od 5 do 9. G. Miller jest twórcą znanego twierdzenia "Seven plus or minus two", określającego zakres możliwości identyfikowania bodźców wzrokowych przez człowieka. Zmysł wzroku jest najbardziej czuły i dostarcza najwięcej informacji w procesie identyfikacji.

Ciekawym przykładem zastosowania metody teorio-informacyjnej są wspomniane wyżej badania A.N. Leontiewa i Krinczik, dotyczące zdolności przepustowej człowieka oraz doniosłości informacyjnej sygnału.

Systematyczne badania z zastosowaniem omawianej metody prowadzili: F. Attneave, G. Miller, W. Hick, H. Hake, E. Klemmer, J. Leonard, G. Mowbray i Rhoades, P. Bertelson, Warski i Guziewa, Cukierman i Goldman, zaś w Polsce - J. Ekel i L. Paluszklewicz. Ze względu na ograniczone ramy niniejszego opracowania pominię szczegóły przytoczonych badań.

Podsumowując powyższe, można powiedzieć, że w wyniku konkretnych badań udało się ustalić podstawowe ograniczenia w stosowaniu tych metod do badań nad człowiekiem. Stworzenie metod teorio-informacyjnych uwzględniających specyfikę procesów psychicznych jest sprawą przyszłości i może być dokonane dzięki ścisłej współpracy psychologów i matematyków. Sądy wypowiedane przez niektórych badaczy (G.A. Miller, B.F. Łomow, P.L. Zinzenko, Nazarov i inni) na temat stosowania teorii informacji do badań psychologicznych w jej obecnym stanie brzmią dość sceptycznie. Opis matematyczny stwarza pozory wiarygodności i uniwersalności wyniku, jednakże ze względu na specyfikę zjawisk i procesów psychicznych, do wyników tak przeprowadzonej analizy ilościowej należy odnosić się z dużą ostrożnością.

Według B.F. Łomowa podstawowa trudność w stosowaniu teorii informacji do analizy procesów psychicznych polega na tym, że w poszczególnych przypadkach trudno jest ustalić ściśle informację przypadającą na jednostkę skali sygnału. Jednostką skali jest każdy stan sygnału, a cały ich zbiór - zakresem skali lub "repertuarem".

Ilość informacji zawarta w jakimkolwiek stanie sygnału jest wielkością względną i zależy od ogólnej liczby jego możliwych stanów. Oznacza to, że informacja przypadająca na jednostkę skali sygnału zależy od zakresu tej skali. Im większy zakres, tym większa jest średnia ilość informacji zawarta w jednostce skali.

Jeżeli np. chcielibyśmy obliczyć, jaką ilość informacji odbiera człowiek, spostrzegając jakiś nieznaną sobie przedmiot, musielibyśmy znać ogólną liczbę wszystkich istniejących przedmiotów oraz prawdopodobieństwo zetknięcia się człowieka z każdym z nich. Nauka nie dysponuje takimi danymi, dlatego też nikt nie stawia sobie podobnych pytań. Zagadnienie musi być postawione tak, aby możliwe było ustalenie zakresu skali sygnałów, owego "repertuaru" bodźców (Łomow).

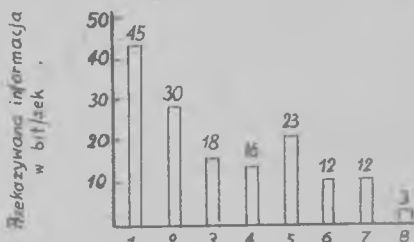
Jak dotychczas zachowanie tego warunku w sposób najpełniejszy okazało się możliwe w przypadku badania aktów identyfikacji (Garner i Hake), rozpoznawania oraz reakcji z wyborem. W eksperymentach mających na celu badanie tych zjawisk, człowiek zaznajamia się przed tym z pełnym repertuarem sygnałów, a następnie reaguje na nie w określony sposób. Tak więc, określone zachowanie człowieka oparte na zasadzie wyboru jest wyraźnie zdeterminowane przez strukturę postawionego przed osobą badaną zadania.

We wszystkich eksperymentach tego rodzaju wystąpiła zależność pomiędzy ilością przekazywanej przez bodziec informacji a liczbą jego rozróżnialnych cech stanowiących zakres skali. Wartość maksymalna informacji, jaką zdolny jest przekazać poszczególny sygnał, stanowi funkcję liczby jego cech rozróżnialnych lub jego możliwych stanów, np. zmian położenia w przestrzeni dwu- lub n-wymiarowej.

Podstawowe znaczenie dla psychologii inżynierskiej mają wyniki badań nad tzw. zdolnością przepustową człowieka, którą określa maksymalna szybkość przepływu informacji. Tu wyłania się problem czasowych charakterystyk działalności człowieka. Zagadnienie to będzie przedmiotem rozważań w następnym rozdziale, obecnie zaś ograniczymy się do krótkiego omówienia wyników uzyskanych metodą teorii informacji, gdyż daje ona możliwość otrzymania dokładnych wielkości liczbowych, mających największą przydatność przy projektowaniu układu człowiek-maszyna.

W wyniku pierwszych badań udało się ustalić liniową zależność pomiędzy czasem utajenia reakcji z wyborem a ilością informacji zawartej w prostych bodźcach wzrokowych i słuchowych. Wielkość ta jest względnie stała i wynosi około 5 bitów na sekundę (Hick). Dalsze badania nad zdolnością przepustową przy wykonywaniu różnego rodzaju czynności przyniosły wyniki bardzo różniące się między sobą. Przyczyną tego stanu rzeczy było prawdopodobnie

stosowanie różnych metod pomiaru (czasu utajenia reakcji lub czasu ekspozycji sygnału itp.) oraz fakt, że każdy z badaczy stawiał osobom badanym



Rys. 2. Maksymalna ilość informacji odbieranej przez człowieka przy wykonywaniu różnych czynności

1 - czytanie w myśli, 2 - czytanie głośne, 3 - korekta tekstu, 4 - pisanie na maszynie, 5 - gra na fortepianie, 6 - dodawanie 2 cyfr, 7 - mnożenie 2 cyfr, 8 - liczenie przedmiotów (wg Kűpfmüllera)

odmienne zadania. Rysunek 2 ilustruje zależność pomiędzy maksymalną ilością odbieranej informacji a rodzajem wykonywanej czynności.

Maksymalna szybkość przekazywania informacji uwarunkowana jest nie tylko właściwościami sygnału, lecz również właściwościami reakcji w odpowiedzi na ten sygnał. Ważnym czynnikiem jest także zgodność (compatibility) bodźca i reakcji. Przy maksymalnym ich zbliżeniu czas utajenia reakcji może się okazać niezależny od ilości przekazywanej informacji (Leonard). Co więcej, w badaniach Mowbreya i Rhoadesa okazało

się, że szybkość przetwarzania informacji w dużej mierze zależy również od stopnia nabytej wprawy. Oznacza to, że w miarę nabierania wprawy czas reakcji ulega skróceniu.

Fakty te ustalone w wyniku badań eksperymentalnych umożliwiły wprowadzenie dalszych ograniczeń w formalnym ujmowaniu problemu szybkości odbioru i przetwarzania informacji przez człowieka.

Wydaje się, że matematyczny opis poszczególnych procesów psychicznych takich, jak spostrzeganie, pamięć, myślenie nie może zastąpić konkretnych badań psychologicznych tych procesów, pozwala on jednak na pewne uściślenie funkcjonalnych charakterystyk człowieka oraz na wyrażenie ich w formie nadającej się do bezpośredniego użytkowania przez konstruktorów i projektantów.

Na zakończenie rozważań przedstawionych w niniejszym rozdziale warto zwrócić uwagę na fakt przeobrażeń, jakim uległa problematyka psychologii inżynierskiej. Początkowo zajmowano się głównie psychofizjologiczną charakterystyką skal, ich konstrukcją i rozmieszczeniem na tablicach informacyjnych (wykorzystano do tego celu z zakresu psychofizyki i fizjologii narządów zmysłowych), zajmowano się również analizą czasowych charakterystyk pracy operatora, stosując do tego celu metody matematyczne. Cechą charakterystyczną dla tego etapu rozwoju psychologii inżynierskiej było podejście analityczne. Rozpatrywano poszczególne elementy układu oddzielnie.

Dominował np. wyraźny podział na problemy związane ze wskaźnikami (badano oddzielnie poszczególne cechy urządzenia) i sterami (bardzo szczegółowe zależności między kształtem, wielkością i lokalizacją sterów a szybkością i dokładnością ruchów itp.).

J.M. Christensen wymienia następujące braki i niedociągnięcia ówczesnych badań:

- nie zajmowano się badaniem związków między poszczególnymi elementami układu, np. wskaźnikami i sterami lub układem wskaźników i układem sterów, co ograniczało zakres zastosowalności wyników i w związku z tym zmniejszało praktyczną ich przydatność;
- w eksperymentach uczestniczyli najczęściej studenci, a więc reprezentanci populacji, która następnie nie miała nic do czynienia z badanymi układami;
- nie uwzględniano w badaniach tak podstawowych zmiennych pośredniczących, jak zmęczenie, stress i motywacja;
- nie opracowano sprawdzonych kryteriów skuteczności pracy całego układu człowiek-maszyna i poszczególnych jego ogniw.

Jak wynika z powyższego, problem, bodaj najważniejszy, jakim jest ustalenie kryteriów pozwalających badaczom oceniać układ, pozostaje nadal otwarty. Jednak podejście analityczne zostało stopniowo zastąpione badaniami kompleksowymi. Wymagało to stworzenia odpowiedniego zaplecza badawczego, a głównie powołania dużych zespołów składających się z psychologów i inżynierów-konstruktorów<sup>6</sup>. Badanie układu człowiek-maszyna w warunkach laboratoryjnych wymaga kosztownej aparatury i urządzeń imitujących prawdziwe układy.

Jeśli idzie o problemy szczegółowe, to różnica między dawnymi i nowymi badaniami polega na odmienności w stawianiu pytań. Kiedyś główne pytanie, jakie sobie stawiano brzmiało: *j a k?* Teraz nie chodzi już o konstrukcyjne cechy urządzeń informujących; lecz o to, *i l e* informacji można przekazać za pomocą danego urządzenia. W związku z tym dalej aktualne jest pytanie o zakres możliwości odbioru informacji, czyli o wspomnianą już "zdolność przepustową" operatora. Dalszą interesującą zmianą jest również świadomość, że owa zdolność przepustowa to nie tylko zdolność systemów percepcyjnych człowieka, lecz przede wszystkim zdolność kory mózgu do przyjęcia i przetworzenia odbieranej informacji ze względu na jej znaczenie.

<sup>6</sup>Ten stan rzeczy jest charakterystyczny dla środowisk przemysłowych USA.

Rozszerza się nurt badań nad reakcjami ruchowymi człowieka w procesie śledzenia za zmieniającym swoje położenie sygnałem. Z nurtem tym wiąże się nadzieje na wykrycie i określenie mechanizmów regulujących zachowania się w ogóle.

W coraz większym stopniu bada się również procesy podejmowania decyzji. Chodzi tu w szczególności o ustalenie zmiennych sytuacyjnych takich, jak ilość informacji pojawiającej się na panelach informacyjnych, rodzaj kodu, typ zadania, jakie ma wykonać operator, warunkujących szybkość podejmowania decyzji.

Jednakże najważniejszym celem stojącym przed psychologią inżynierską jest stworzenie właściwej klasyfikacji zadań typu operatorskiego. Pozwoli to uczynić krok następny: określić wpływ struktury większej grupy zadań na skuteczność rozwiązywania zadań wchodzących w skład tej grupy. Jest to związane z intuicyjnym na razie przeświadczeniem, że człowiekowi należy powierzać nie oddzielne, cząstkowe i drugorzędne zadania, lecz takie, które są związane z realizacją zadań większych i ważnych.

## ROZDZIAŁ IV

# ANALIZA PRACY OPERATORA

Podobnie jak w innych działach psychologii pracy, tak i w psychologii inżynierskiej analiza pracy zajmuje centralne miejsce. To właśnie w wyniku analizy pracy uzyskujemy dane potrzebne przy rozwiązywaniu niemal wszystkich zagadnień praktycznych, poczynając od najważniejszego, jakim jest podział funkcji w układzie między człowieka i ogniwa maszynowe, a skończywszy na selekcji operatorów, gdyż problem różnic indywidualnych nawet między doskonale wyszkolonymi ludźmi bynajmniej nie zmalał w nowych warunkach technicznych, a wręcz przeciwnie nabrał większej wagi. Okazało się, że możliwości osiągnięcia maksymalnych efektów ekonomicznych w pracy układu leżą właśnie w odpowiednim doborze ludzi. Jest to jeszcze jeden z przejawów wskazujących, w jakim kierunku ewoluuje problematyka psychologii inżynierskiej. Różnice między ludźmi zawsze były i bez względu na zmiany spowodowane postępem technicznym pozostaną większe niż różnice między maszynami.

Analiza pracy nie jest jakąś jedną, ściśle określoną metodą zdobywania wiedzy o pracy operatora. Stanowi ona raczej zespół metod oraz zasad, jakimi trzeba się kierować w badaniu jego pracy, aby wyniki mogły być przydatne przy rozwiązywaniu jakiegoś zadania praktycznego. Dlatego też zwykle wymienia się cel, jakiemu ma służyć analiza pracy, a następnie dobiera się szczegółowe metody techniki badawcze. W przypadku pracy typu operatorskiego problem jest szczególnie złożony, gdyż owe cele są zupełnie nowe (jak np. wspomniany już podział funkcji) a sama praca różni się od pracy tradycyjnej. Te różnice zasadnicze dostępne są nawet niewprawnemu obserwatorowi, widać je gołym okiem. Jednakże potoczna obserwacja nie może stanowić w żadnym razie podstawy do wyciągania wniosków dla praktyki. Potrzebny jest tu najczęściej starannie przeprowadzony eksperyment naukowy.

Przed przystąpieniem do bardziej szczegółowego przeglądu metod analizy pracy operatora warto zapoznać się z najbardziej ogólnym podejściem do samej analizy pracy. To ogólne podejście polega na wyodrębnieniu następujących punktów, które należy uwzględnić w badaniu pracy:

- rodzaje czynności wykonywanych przez operatora,
- cechy czynności,
- cechy wykonawców czynności.

I tak omówimy kolejno dane odnoszące się do każdego z trzech punktów powyższego schematu analizy pracy.

## 1. RODZAJE CZYNNOŚCI WYKONYWANYCH PRZEZ OPERATORA

Czynność jest tu rozumiana bardzo ogólnie jako proces ukierunkowany na osiągnięcie wyniku. Wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje czynności wykonywanych w procesie wszelkiej pracy. Są to:

- odbiór informacji,
- przetwarzanie informacji,
- przekazywanie informacji.

Wymienione czynności występują, rzecz jasna, w każdym działaniu i w każdej pracy. Jednakże w analizie pracy operatora trzeba wyodrębnić ich specyfikę.

### Odbiór informacji

Jak już wspomniano, odbiór informacji w sytuacji zdalnego sterowania odbywa się za pośrednictwem tzw. modeli informacyjnych. Cechą charakterystyczną takich czynności jest konieczność porównywania rozmaitych wiadomości uzyskiwanych za pośrednictwem urządzeń sygnalizacyjnych a następnie konfrontowanie ich z procesami przebiegającymi w rzeczywistości. Zachodzi tu proces porównywania i konfrontacji danych aktualnych z posiadanym przez operatora obrazem. Oczywiście czynność odbioru informacji nie jest procesem sztucznie oddzielnym od jej przetwarzania. Chodzi tu raczej o podkreślenie kierunku przepływu informacji od środowiska zewnętrznego (wskaźników) i zaakcentowanie roli narządów odbiorczych człowieka, jakimi są systemy percepcyjne (wzrok, słuch, dotyk). Czynność odbioru informacji nie jest więc czynnością elementarną, której nie można poddawać dal-



szej analizie. Przeciwnie, jak sądzą niektórzy, jest ona mniej dostępna badaniu niż np. czynność zwana przetwarzaniem informacji, w której uczestniczą głównie procesy myślenia. Tak więc w skład czynności odbioru informacji wchodzi czynności porównywania i konfrontacji danych, a następnie na wyobraźniowej rekonstrukcji rzeczywistych stanów sterowanego obiektu (lub procesu). Te dwie czynności składowe łącznie nazywa się też czasem dekodowaniem informacji, albo też niekiedy przetwarzaniem pod względem formy.



Rys. 3. Rodzaje zadań operatora dotyczących przetwarzania informacji

Przetwarzanie pod względem formy będzie przebiegało sprawnie pod warunkiem, że sposób kodowania informacji odpowiada zadaniom, które ma w swej pracy wykonywać operator (rys. 3). I tak np. jeśli jego zadaniem jest wyodrębnienie jakiegoś obiektu z tła lub określenie miejsca, w jakim ten obiekt się znajduje, najważniejsze będzie kodowanie za pomocą barwy. Jeśli zaś ma on szybko rozpoznać jakiś obiekt, to wówczas najlepiej zastosować kod składający się ze znaków - symboli. Przykłady konkretnych wskazań tego typu znajdują się w dalszych rozdziałach niniejszej pracy.

Zadanie stojące przed operatorem może też wymagać powiązania ze sobą danych uzyskanych w czasie dekodowania, czyli utworzenie całościowej struktury odpowiednich cech sterowanego obiektu. To właśnie zdolność człowieka do tworzenia całościowego obrazu (syntezy) pozwala mu uzupełnić brakujące lub zniekształcone po drodze, którą przebył sygnał informacji albo też wnieść nowe informacje, nie uwzględnione w ogóle w modelu informacyjnym.

Przykładem pracy, w której opisane wyżej czynności dominują, jest praca dyżurnego ruchu (np. ruchu lotniczego). Uzyskuje on informacje o tym, jaki typ samolotu znajduje się w powietrzu, jaką rozwija szybkość i jaką osiągnął wysokość. Na podstawie tych informacji tworzy sobie obraz sytuacji, w jakiej znajduje się dany samolot. To pozwala mu dodatkowe wnieść własne wiadomości na temat możliwości manewrowania samolotem. Dopiero po scaleniu

tych wszystkich danych dyżurny ruchu lotniczego podejmuje odpowiednią decyzję i przekazuje ją pilotowi samolotu.

Obcowanie człowieka z modelami realnych układów i procesów, to znaczy z przedmiotami lub zjawiskami reprezentującymi takie układy i procesy nie jest zagadnieniem zupełnie nowym. Z modelami od dawna mają do czynienia matematycy, fizycy i przedstawiciele innych nauk.

Wszystkie modele mają jedną wspólną cechę: jest nią podobieństwo pomiędzy strukturą obiektu odzwierciedlanego i odzwierciedlającego. Model stanowi pewną abstrakcję, w której zachowane są istotne cechy, zależności i powiązania przedmiotów i zjawisk fizycznych. W tym sensie model stanowi pewne uproszczenie rzeczywistości, swoistą jej idealizację. Stopień i charakter owej "idealizacji" można dowolnie regulować w zależności od zadania, jakie ma być wykonane przy współudziale danego modelu. Model powinien również posiadać określony stopień poglądowości, aby człowiek mógł szybko i bez skomplikowanego analizowania odbierać odzwierciedlaną sytuację. Model informacyjny może spełniać ten warunek w różnym stopniu. Może on np. dawać wyobrażenie o przestrzennym układzie sterowanych obiektów, to znaczy być w jakiejś mierze podobnym do ich rzeczywistego położenia w przestrzeni. W takim przypadku operator łatwo uzyska informację o tym, w jakiej odległości od siebie znajdują się te obiekty i jak są zgrupowane pod względem terytorialnym. Można również stworzyć model o mniejszym stopniu poglądowości, wówczas będzie on odzwierciedlał zupełnie inne cechy sterowanych obiektów, np. ich przynależność do określonej klasy przedmiotów.

Zdarza się, że w pewnych momentach pracy układu konieczne jest bardziej poglądowe odzwierciedlenie niektórych cech sterowanych obiektów, w innych zaś właściwsze jest uwzględnianie cech bardziej ogólnych. Tak np. operator punktu dyspozytorskiego elektrowni zasilającej określony rejon kraju w pewnych okolicznościach powinien wiedzieć, jakie położenie zajmują podległe mu jednostki, w innych zaś, które z nich są bardziej lub mniej obciążone.

Jednym z ważnych środków uzyskania łatwej czytelności modelu informacyjnego jest prawidłowa organizacja jego s t r u k t u r y. Prawidłowa struktura, to zespół charakterystycznych cech, zapewniający szybkie i bezbłędne spostrzeganie całości sytuacji.

Informacja o sterowanych przedmiotach przekazywana za pomocą modelu występuje zawsze w formie zakodowanej, a nie w naturalnej. W ten sposób rodzi się ważne zagadnienie stworzenia odpowiedniego języka zrozumiałego dla człowieka i nadającego się do wykorzystania przez maszynę. Jest to zagad-

nienie zharmonizowania "wejść" i "wyjść" człowieka i maszyny. Tworząc model informacyjny, trzeba zawsze pamiętać o tym, aby kod, to znaczy układ odpowiednich symboli, za pomocą którego przekazywane są informacje, był jak najlepiej dostosowany do możliwości odbiorczych człowieka w układzie sterowania.

### Przetwarzanie informacji (procesy przeddecyzyjne i decyzyjne)

Czynność przetwarzania informacji polega na przekształceniu jej nie pod względem formy lecz pod względem treści. Oznacza to, że podejmowanie decyzji opiera się na informacji jakościowo innej, nowszej niż ta, która została odebrana przez operatora. Uważa się, że w czynności tej główny udział mają procesy myślenia oraz procesy pamięciowe, nazywane pamięcią operatywną.

O trudności lub łatwości wykonywania czynności przetwarzania informacji oraz podejmowania decyzji rozstrzyga wiele czynników natury obiektywnej jak np.: ilość niezbędnej informacji do jej podjęcia, stopień złożoności kodu, za pomocą którego nadawana jest informacja oraz doniosłość danej decyzji dla końcowego wyniku pracy. Jednakże najważniejszą "zmienną sytuacyjną" warunkującą przebieg i wynik czynności przetwarzania informacji jest struktura sytuacji problemowej w procesie sterowania. Struktura ta zależy, oczywiście od typu zadania, jakie ma wykonać dany układ.

### Czynności przekazywania informacji

Kolejne przekształcenie przez operatora informacji, zarówno pod względem formy, jak i pod względem treści prowadzi do powstania nowej informacji, która z reguły ma być przekazana dalej; albo określonym ogniwom maszynowym np. maszynie cyfrowej albo jakimkolwiek systemom efektorycznym układu sterowania, albo też innym ludziom najczęściej w postaci słownej informacji: meldunku lub polecenia. Czynności tego rodzaju przyjęto nazywać również sterowniczymi, ale nazwa ta nie wydaje się odpowiednia, gdyż nie zawsze przekazywanie informacji odbywa się przez uruchomienie urządzeń sterowniczych.

Przekazywanie informacji innym ogniwom maszynowym ma zazwyczaj postać bardzo prostych ruchów, jak np. naciśnięcie przycisku, przesunięcie dźwigni, przekręcenie gałki regulacyjnej itp. Cała ich złożoność polega ra-

czej na centralnej ich regulacji. Ruchy te, jakkolwiek nie wymagają dużych wysiłków fizycznych, wywołują często napięcie prowadzące do zmęczenia. Polegają one na dokonywaniu zmian w sterowanych obiektach lub procesach, niedostępnych bezpośrednio obserwacji i o dużym znaczeniu dla całego procesu produkcyjnego.

Na specjalną uwagę zasługują tu czynności ruchowe występujące przy wykonywaniu ciągłych zadań percepcyjno-motorycznych zwanych "śledzeniem". Jest to podążanie za ruchomym celem, za pomocą steru sprzęgniętego z odpowiednim ruchomym wskaźnikiem "ścigaczem". Takie zadania stoją przed personelem urządzeń radiolokacyjnych bądź przy obsłudze układów, gdzie informacja pojawia się na ekranach lamp oscyloskopowych. W przypadku czynności śledzenia struktura modeli informacyjnych ma charakter dynamiczny, a więc wymaga nieustannego przystosowywania ruchów rąk odpowiednio do zmian położenia sygnału na ekranie.

Wszystkie trzy wymienione wyżej rodzaje czynności przeplatają się wzajemnie, i co więcej, każda z nich zawiera elementy dwu pozostałych. Podział ten ma jednak tę zaletę, że pozwala za pomocą stosunkowo prostych obserwacji zorientować się, jaki rodzaj czynności w danej pracy dominuje. Jednakże ocena wysiłku wydatkowanego na wykonanie tych czynności jest sprawą odrębną i bynajmniej metodycznie nie prostą, na razie bowiem brak jest wypróbowanych metod pozwalających mierzyć wielkość wysiłku umysłowego.

Powyższy podział czynności ma jeszcze inną zaletę: czynności są tu rozpatrywane z jednego wspólnego punktu widzenia, a mianowicie jako procesy informacyjne. Oczywiście poddając je bliższej analizie psychologicznej, odwołujemy się do wyników zgromadzonych w ramach psychologii ogólnej i mówimy o spostrzeganiu pamięci, myśleniu itp. Jednak porozumienie z technikami może być osiągnięte wówczas, gdy procesy przebiegające w maszynie i w człowieku będą rozpatrywane na wspólnej płaszczyźnie i omawiane za pomocą wspólnego języka.

Analizując pracę operatora, nie możemy się jednak ograniczyć jedynie do wyodrębnienia rodzajów czynności. Ważnym celem analizy pracy jest również poznanie cech wykonywanych czynności. Cechy czynności nazywa się niekiedy również **p a r a m e t r a m i** działania człowieka, jako że cechy działania mają charakter stopniowalny. Termin działania ma tu podkreślić całościowy charakter zachowania się człowieka w procesie pracy, bez szczegółowego podziału na poszczególne rodzaje czynności. Oczywiście, można mierzyć parametry każdej czynności z osobna, ale zasadnicze znaczenie ma tu wiedza o ogólnych charakterystykach działania. Te ogólne charakterystyki działania to **s z y b k o ś ć** i **d o k ł a d n o ś ć**. Ważną ich zale-

tą jest to, że można je mierzyć, a pomiar zachowania nigdzie nie jest tak ważny jak właśnie w psychologii inżynierskiej. To właśnie dzięki pomiarowi stało się możliwe projektowanie w pewnym zakresie zachowania się człowieka układzie.

## 2. CECHY CZYNNOSCI („PARAMETRY“ DZIAŁANIA CZŁOWIEKA)

### Szybkość

Głównym kryterium szybkości działania człowieka jest twz. czas prostej reakcji sensomotorycznej. Reakcja człowieka polega tu na wykonaniu jakiegoś ruchu, np. naciśnięciu przycisku, przesunięciu dźwigniki itp. z możliwie największą szybkością, w odpowiedzi na pojawienie się sygnału. Badania nad czasami reakcji prowadzone były od 1850 roku (Helmholtz) w obrębie psychologii ogólnej ze względu na stosunkowo łatwe uzyskiwanie pomiarów oraz pewne walory diagnostyczne.

W praktyce mierzy się nie czas całej reakcji sensomotorycznej, lecz jej najważniejszej części składowej - czas utajenia reakcji, tj. czas od momentu pojawienia się sygnału do rozpoczęcia ruchu.

W rzeczywistych sytuacjach sterowania tego typu reakcje zdarzają się niesłychanie rzadko. Tam, gdzie wymagana jest maksymalna szybkość reakcji stosuje się urządzenia automatyczne. Pomiarów czasów utajenia reakcji stanowią więc pewną wielkość wyjściową. Na ich podstawie dokonuje się obliczeń czasu bardziej złożonych reakcji, charakterystycznych dla pracy operatora.

Od czego zależy czas reakcji? Jakie są czynniki warunkujące szybkość reagowania? Czynnikiem takich jest wiele. Wymienimy najważniejsze z nich.

Liczne wyniki badań eksperymentalnych wskazują, że czas utajenia reakcji zależy od tego, jaki organ zmysłu jest odbiorcą sygnału bodźca. Tak np. najszybsze reakcje następują w wyniku zadziałania bodźca dotykowego (90-220 milisekund), najdłuższe - przy bodźcach węchowych (310 milisekund), smakowych (1080 milisekund), oraz temperatury (ok. 1600 milisekund). Przy bodźcach wzrokowych czas reakcji waha się w granicach od 190 do 260 milisekund.

Ważnym czynnikiem jest również n a t ę ż e n i e lub siła bodźca. Im większa siła bodźca, tym krótszy jest czas reakcji. Zależność ta znana jest w fizjologii organów zmysłowych jako prawo siły. Jednak w pewnych przypadkach zależność ta może ulec zamaskowaniu. Ma to miejsce, np. w sytuacji, gdy słaby bodziec ma szczególne znaczenie dla działalności człowieka.

ka (sygnał awarii). Czas reakcji na ten sygnał może być krótszy niż na bodziec silniejszy o mniejszej doniosłości dla człowieka.

Czas reakcji zależy również od wymiarów przestrzennych bodźca oraz od tego, na jaką okolicę powierzchni recepcyjnej organu zmysłowego działa dany bodziec. Ważne jest również na jakim tle występuje bodziec. Ogólnie można powiedzieć, że wraz ze wzrostem kontrastu bodźca w stosunku do tła, czas reakcji na ten bodziec ulega skróceniu.

Dla oceny zachowania się człowieka w sytuacji zdalnego sterowania duże znaczenie mają również pomiary czasu reakcji złożonych. Reakcje te nazywa się niekiedy alternatywnymi. W rzeczywistości mamy tu do czynienia z dwoma rodzajami reakcji: są to reakcje różnicowe i reakcje z wyborem. Reakcja różnicowa polega na tym, że osoba badana ma możliwość zareagowania w ten czy inny sposób w zależności od pojawienia się pozytywnego lub negatywnego bodźca. Np. zapalenie się czerwonego światła ma wywołać reakcję naciśnięcia klucza, zaś pojawienie się światła zielonego - brak reakcji. Nietrudno przewidzieć, że w takiej sytuacji człowiek będzie przeżywał chwile wahania, niepewności, rozterki i że w związku z tym czas utajenia jego reakcji będzie znacznie dłuższy. Ten rodzaj zachowania operatora występuje o wiele częściej niż proste reagowanie. Warto dodać, że im większe zachodzi podobieństwo pomiędzy bodźcami pozytywnymi (reakcja) i negatywnymi (brak reakcji), tym dłuższy jest czas utajenia reakcji.

Największą wartość dla celów psychologicznych mają jednak badania czasów reakcji z wyborem. Ten rodzaj reakcji nastrocza najwięcej trudności przy wykonaniu.

W reakcji z wyborem człowiek ma do czynienia z wieloma bodźcami (co najmniej dwoma) i na każdy z nich musi odpowiednio zareagować. Ma on więc za zadanie nie tylko zidentyfikować właściwy sygnał, lecz również dokonać w y b o r u odpowiedniej reakcji. W wyniku licznych badań eksperymentalnych ustalono dwie ważne zależności:

1. Czas reakcji z wyborem jest tym dłuższy, im większa jest liczba sygnałów.
2. Im mniejsze są różnice pomiędzy sygnałami, tym więcej potrzeba czasu, aby wybrać właściwą odpowiedź.

W reakcjach tego typu bada się nie tylko czas, lecz również liczbę i rodzaj błędów. Liczba błędów jest miarą poprawności reakcji wyboru.

Oprócz wyżej omówionych istnieją także inne rodzaje reakcji sensomotorycznych, takie jak: seryjne, dozowane, śledzące itp.

Z punktu widzenia psychologii inżynierskiej wyjątkowe znaczenie ma fakt, że czas reakcji - oczywiście przy niezmiennych warunkach takich, jak zmęczenie, wyćwiczalność itd. - określony jest przez poszczególne parametry sygnału-bodźca. Wynika stąd ważny wniosek dla praktyki projektowania urządzeń sterowniczych; zmieniając jakość zmysłową sygnału (sygnał optyczny na akustyczny lub dotykowy), jego wielkość, natężenie, czas ekspozycji oraz prawdopodobieństwo pojawienia się w polu sensorycznym operatora, można w pewnej mierze regulować czas reakcji człowieka.

Wyżej wspomniane i pokrótce omówione czynniki warunkujące czasy reakcji można zaliczyć do tzw. czynników natury zewnętrznej, obiektywnej, dotyczących natury sygnałów. Odrębne zagadnienie stanowią czynniki subiektywne, wewnętrzne, wynikające z cech człowieka. Do takich przede wszystkim należy zaliczyć funkcjonalny stan organu zmysłowego. Różnice w poziomie wrażliwości wywołują niekiedy podobny efekt do tego, jaki uzyskujemy, obniżając natężenie bodźca.

Szybkość reakcji jest też w znacznej mierze zależna od tzw. nastawienia człowieka, swoistego oczekiwania na bodziec i gotowości do odpowiedzi. Nie małe znaczenia ma również trening. Z badań wynika, że w miarę nabierania wprawy czasy reakcji stopniowo ulegają skróceniu oraz następuje ich stabilizacja. W literaturze znajdujemy również dane charakteryzujące wpływ takich czynników jak: zmęczenie, wiek, indywidualne właściwości człowieka itp.

### Dokładność

Ogólnie można powiedzieć, że im większy jest stopień komplikacji danego układu, tym poważniejsze są następstwa błędów popełnianych przez operatora. Nieznaczny błąd popełniony w początkowej fazie może spowodować w końcu błąd poważny, będący przyczyną awarii lub wypadku.

W związku z tym ważną sprawą jest badanie<sup>1</sup> psychologicznych przyczyn błędnych zachowań operatora. Wiele błędów wynika z niedostosowania konstrukcyjnych cech urządzeń do właściwości psychicznych człowieka i tym samym większość z nich można usunąć w drodze drobnych poprawek, rekonstrukcji itp. Najbardziej celowe jest uwzględnianie tych poprawek w fazie konstrukcji, gdyż przeróbki gotowych urządzeń są trudniejsze do zrealizowania i bardzo kosztowne.

Trzeba przyznać, że wykrywanie i analizowanie błędów popełnianych przez operatora wiąże się zawsze z zespołem różnorodnych procesów psychicznych i

wyodrębnianie właściwych przyczyn jest znacznie trudniejsze niż wykrywanie błędów maszyny. Weźmy dla przykładu błąd powstały w wyniku niedokładnego ruchu operatora. Niedokładność mogła być jednak spowodowana różnymi przyczynami. Mogło to być błędne odczytanie wskazania przyrządu lub błędna jego ocena. Błąd mógł pojawić się w procesie podejmowania decyzji, a więc mógł to być błąd w myśleniu lub błąd powstały wskutek zapomnienia o ważnym elemencie niezbędnym do dalszego przekazywania informacji.

Ustalenie z całą dokładnością miejsca tego rodzaju awarii jest często rzeczą trudną, a od tego przecież zależy, jakie zastosujemy środki w celu zmniejszenia możliwości błędów.

Stopień dokładności działania nie jest bynajmniej stałym wskaźnikiem poziomu sprawności operatora. Podobnie jak szybkość, tak i dokładność działania jest funkcją wielu zmiennych, takich jak fizyczne cechy sygnałów, stopień złożoności zadania, stan funkcjonalny, w jakim znajduje się układ nerwowy operatora oraz jego cechy osobowościowe.

Jeśli chodzi o cechy fizyczne sygnałów, to najogólniej można powiedzieć, że liczba błędów jest tym większa, im siła sygnału jest bliższa progowej wartości bodźca, za pośrednictwem którego dany sygnał jest przenoszony, przy tym dla spostrzeżenia takiego sygnału oraz jego identyfikację potrzeba znacznie więcej czasu niż wówczas, gdy wartość bodźca jest optymalna.

Bardzo wyraźny jest wpływ tempa pracy na stopień dokładności. Dane eksperymentalne wskazują, że istnieje pewne optymalne tempo pracy, zapewniające maksymalną dokładność, którego nie należy ani podwyższać, ani też obniżać. Opublikowano wiele prac zajmujących się badaniem dokładności działania człowieka zmęczonego pracą. My jednak nie będziemy się dłużej zatrzymywać na tym zagadnieniu.

W przypadkach, gdy od operatora wymaga się precyzyjnej obsługi urządzenia, trzeba opracować taki schemat strukturalny układu, w którym prawdopodobieństwo popełnienia błędu przez operatora byłoby minimalne. Wprowadzenie podwójnych ogniw lub dwóch operatorów, wykonujących te same funkcje, czyli zastosowanie zasady podwajania daje pomyślne wyniki np. układ liczący RCA Bizmac System w USA. Według A. Chapanisa zasada ta polega na sprawdzaniu metodą niezależnego dublowania ("the principle of verification through independent duplication").

Innym sposobem zwiększenia dokładności pracy operatora i całego układu w ogóle jest włączanie obwodów dodatkowych zapewniających operatorowi informację o skutkach jego działania, o zmianach, jakie nastąpiły w sterowa-



nym obiekcie w wyniku jego czynności (Łomow). Każdy układ zamknięty dostarcza takich informacji.

Ważną rzeczą jest również wprowadzenie urządzeń kontrolnych umożliwiających szybką lokalizację powstałego błędu. Człowiek traci na to nieproporcjonalnie dużo czasu, a zdarza się, że w procesie poszukiwania danego błędu popełnia nowe błędy.

Do najbardziej skutecznych sposobów zwiększania dokładności działania operatora zaliczyć należy selekcję operatorów, szkolenie oraz racjonalną organizację warunków pracy, wreszcie - i to jest najważniejsze - dokonanie właściwego podziału funkcji, ścisłe wyznaczenie roli człowieka już w fazie opracowywania schematu strukturalnego układu.

### 3. CECHY WYKONAWCÓW CZYNNOŚCI

Badając cechy czynności takie, jak: szybkość i dokładność, zdobywamy, rzecz jasna, wiedzę również o wykonawcach tych czynności. Inny jednak jest sposób uzyskiwania tej wiedzy. W pierwszym przypadku droga jest bezpośrednia. Mierząc czas, mierzymy szybkość działania. Licząc błędy, mierzymy dokładność działania. Gdy natomiast chcemy na podstawie tych wyników powiedzieć coś o wykonawcach badanych czynności, musimy zastosować wnioskowanie. Wyciągnięte wnioski stanowią już wiedzę uzyskaną pośrednio. Jest to wiedza o charakterze hipotetycznym. Wnioskujemy tu o tym, jakie są czynniki "O" na podstawie uzyskanych wyników badania czynnika "R", posługując się formułą eksperymentalną:

$$R = f(S, O),$$

gdzie:

- R - reakcja,
- S - sytuacja bodźcowa,
- O - czynniki wewnętrzne.

Innymi słowy, pytanie o cechy wykonawców czynności jest znacznie trudniejsze i odpowiedź na nie wymaga rozległych badań opartych na solidnej podstawie teoretycznej. Tych pytań nie stawiano sobie we wczesnej fazie psychologii inżynierskiej, wyłączając świadomie np. problemy selekcji operatorów poza jej zakres w przekonaniu, że tym powinna zająć się psychologia pracy. Jednak ostatnio zarówno problemy doboru, jak i szkolenia opera-

torów zostały włączone w zakres psychologii inżynierskiej. Poznanie cech wykonawców czynności, a ściślej ustalenie listy cech pożądaných jest podstawowym warunkiem opracowania skutecznych metod selekcji i szkolenia. O tego rodzaju analizie pracy mówimy, że jest wykonywana dla celów selekcyjnych. Rozpatrzmy tu dwie zasadnicze grupy cech, a mianowicie:

- 1) cechy temperamentalne (cechy układu nerwowego),
- 2) cechy sprawnościowe.

Należy przypuszczać, że obie grupy cech są ze sobą wzajemnie powiązane, lecz badania ich prowadzone są dość niezależnie od siebie.

### Temperamentalne cechy wykonawców czynności

Chodzi tu głównie o wyniki badań nad cechami układu nerwowego składające się na typ układu nerwowego takie, jak: siła układu nerwowego, ruchliwość procesów nerwowych, dynamiczność oraz równowaga procesów nerwowych. Są to więc cechy stanowiące fizjologiczną interpretację temperamentu. Szczególne znaczenie mają wyniki badań nad rolą, jaką odgrywają poszczególne cechy układu nerwowego w procesie przystosowania się osobnika do stressowych warunków pracy. A takie właśnie warunki występują w pracy człowieka-operatora.

Uważa się, że typ układu nerwowego powstaje w wyniku kombinacji trzech podstawowych właściwości procesów nerwowych, tj. siły, równowagi i ruchliwości. Temperament jest psychologicznym przejawem typu układu nerwowego. Przyjmuje się (np. Niebylicyn i Tiepłow), że siła procesów nerwowych leży u podstawy zdolności człowieka do pracy oraz jego odporności na bodźce silne, długotrwałe i powtarzające się przez dłuższy czas. Właśnie w związku z siłą układu nerwowego mówi się o wydolności człowieka. Siła układu nerwowego to pewna względnie stała cecha, która wpływa na wielkość procesu pobudzenia i od której zależy granica wydolności komórki nerwowej (Strelau).

Rola układu nerwowego w zachowaniu się człowieka przejawia się ze szczególną siłą, gdy zachwiana zostaje równowaga organizmu ze środowiskiem, a więc wtedy, gdy zmiany w tym środowisku są niekorzystne dla jednostki, gdy wymagają znacznej mobilizacji jej mechanizmów obronnych lub też w sytuacjach, gdy zawodzą wyuczone formy zachowania się, a sytuacje takie mają właśnie miejsce w wielu pracach typu operatorskiego.

Zakłada się, że posiadanie pewnych właściwości układu nerwowego ułatwia a posiadanie innych utrudnia przystosowanie się do środowiska (w danym wypadku specyficznego środowiska pracy).

Szczególne znaczenie mają wyniki badań nad wyjaśnieniem, jaka jest rola siły układu nerwowego w procesie przystosowywania się do pracy w warunkach stressowych. Problemem tym szczególnie zajmowali się radzieccy badacze Gurewicz i Matwiejew. Wniosek z badań tych autorów jest następujący: operatorzy z silnym układem nerwowym charakteryzują się dużą odpornością na działanie bodźców ubocznych, zakłócających normalny tok pracy oraz zdolnością do koncentracji uwagi. Mają oni również zdolność do szybkiego przeczucia uwagi. I odwrotnie - słabość układu nerwowego wiąże się z małą odpornością na przeszkody, małym zakresem uwagi oraz dezorganizacją procesu spostrzegania.

### Cechy sprawnościowe

Jak wspomniano wyżej odrywanie cech sprawnościowych od temperamentalnych jest sztuczne, w praktyce stanowią one nierozdzielalną całość. Relacja między nimi jest taka, że pierwsze stanowią podstawę drugich. Mówiąc o cechach sprawnościowych, mam na myśli zdolność do uczenia się, zdolność do przystosowania się do zmian (zwana plastycznością) oraz zdolność do utrzymania podstawowych wskaźników sprawności w pracy na stałym poziomie w określonym czasie. Ta ostatnia cecha nazywana bywa niezawodnością działania człowieka.

Zdolność do uczenia się w szerokim rozumieniu uważana jest przez niektórych autorów jako zdolność do przystosowania się. Jednak w analizie cech wykonawców czynności zdolność tę rozumieć należy w węższym sensie, jako zdolność do opanowania w określonym czasie określonych umiejętności i nawyków związanych ze sterowaniem w układach. Cechę tę w skrócie można nazwać wyówiczalnością. Ponieważ ludzie różnią się bardzo tą cechą określenie jej u wielu osobników i porównanie może służyć jako próba testowa przy określaniu przydatności poszczególnych kandydatów do zawodu operatora. Tempo opanowywania nawyków i umiejętności uznano w wielu wypadkach za jeden z ważnych wskaźników różnic indywidualnych (Kałmykowa).

Psychologowie radzieccy stoją np. na stanowisku, że w czasie szkolenia operatorów wcześniejsze określenie owego tempa "posuwania się naprzód" w opanowywaniu nawyków danej pracy (a głównie pracy operatorskiej) i dokonanie doboru tylko na podstawie tej cechy zmniejszyłoby odsiew w procesie

właściwego szkolenia i zapewniło wysoki stopień skuteczności działania w przyszłej pracy. Propozycja praktyczna tych badaczy sprowadza się do tego, aby procedurę jednorazowego (statycznego) sprawdzania umiejętności czy nawyków zastąpić pomiarem zdolności danego kandydata do uczenia się nowych umiejętności. Wynikiem tego rodzaju próby powinien być nie wynik jednorazowego rozwiązania zadania testowego, lecz krzywa wyćwiczalności. Najlepiej, gdyby taka dynamiczna próba przebiegała w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Wskaźnikami liczbowymi badanej cechy (uczalności) mogłyby być np. dyspersja wyników uzyskiwanych w procesie "szkolenia", liczba błędów, liczba prób przed uzyskaniem "plateau" itp. Ogólna idea wykorzystania szkolenia jako narzędzia selekcji sprowadza się do tego, aby krótkotrwały dobór zastąpić doбором długotrwałym. Minus, jakim jest czas stracony na szkolenie typu selekcyjnego, zdaje się być kompensowany większym stopniem progностyczności tej metody.

Jednakże udana prognoza co do przyszłych postępów w zakresie rzeczywistego szkolenia nie oznacza jeszcze, że dobrze wyszkolony operator da sobie radę na stanowisku pracy. Realna sytuacja z reguły stawia większe wymagania i już ten fakt wnosi istotną korektę do warunków pracy operatora. Im większe wymagania, tym większe prawdopodobieństwo, że wyuczone umiejętności ulegną w krytycznych chwilach dezorganizacji lub - jak to wykazał np. Paluszkiwicz - może nastąpić dezautomatyzacja wprawy. Autor ten prowadził specjalne badania nad wpływem niektórych czynników utrudniających wykonywanie czynności, takich jak oślnienie, narzucone tempo pracy oraz zmęczenie. Okazało się, że powyższe czynniki powodują nawrót do wcześniejszej fazy opanowania nawyku.

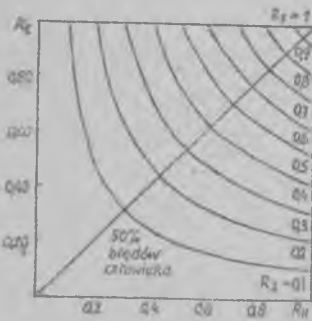
Jeśli chodzi o drugą z wymienionych cech sprawnościowych, o plastyczność, to jest ona związana ze zdolnością układu nerwowego do samoregulacji, tzn. do zmian tzw. "roboczych" charakterystyk odpowiednio do zmian w środowisku. A więc znów trzeba się odwoływać do danych z zakresu fizjologii układu nerwowego, aby cechę tę bliżej określić. Zdolność tę nazywa się niekiedy również zdolnością do samonastrajania się poszczególnych układów percepcyjnych. Tak np. obniżenie się wrażliwości na barwy w środowisku, w którym nie odgrywają one żadnej roli poza estetyczną, nie niesą żadnej informacji, może towarzyszyć wzrost wrażliwości na dźwięki, jeśli operator oczekuje ważnego sygnału dźwiękowego i odwrotnie. Oczywiście wahania w poziomie wrażliwości są ściśle związane ze wspomnianą już siłą układu nerwowego. To samo można powiedzieć o wahaniami wagi i w odniesieniu do innych procesów psychicznych. Szczególnie wyraziście demonstrację plastyczności człowieka stanowi jego zachowanie się w sy-

tuacjach trudnych. Mówi się często o zachowaniu się ludzi w takich sytuacjach, że "przeszli samych siebie". A takich sytuacji w pewnych rodzajach pracy typu operatorskiego jest niemało.

Plastyczność człowieka objawia się również (choć może w sposób mniej drastyczny niż w sytuacjach stressowych) jako proces sensybilizacji, tzn. stopniowego wzrostu wrażliwości poszczególnych narządów zmysłowych w wyniku długotrwałego kontaktu z określonym rodzajem bodźców. Np. doświadczeni szlifierze potrafią ocenić otwór o szerokości 0,6 mikrona, podczas gdy normalny człowiek spostrzega otwór o wielkości 10 mikronów. Podobnie ma się sprawa ze zdolnością do odróżniania barw u farbiarzy, odróżniania odcieni smakowych wina u degustatorów itp.

Pozostaje do omówienia trzecia z wymienionych wyżej cech sprawnościowych, a mianowicie niezawodność człowieka.

Samo pojęcie niezawodności wchodzi w zakres techniki. Oznacza ono prawdopodobieństwo pracy bezbłędnej w określonym odcinku czasu. Zgodnie z tym określeniem badanie niezawodności sprowadza się do analizy błędów i usterek w działaniu jakiegoś urządzenia, wszelkiego rodzaju opóźnień itp. (rys. 4).



Rys. 4. Wpływ niezawodności człowieka i urządzeń technicznych na ogólną niezawodność układu  
 $R_S \times R_H = R_S$

R - reliability ang. - niezawodność (wg Meistersera)

Według Grodzkiego niezawodność to prawdopodobieństwo powstawania błędów w funkcjach całego układu lub w poszczególnych jego częściach. Niezawodność człowieka traktuje się właśnie jako niezawodność jednego z elementów układu. W tym rozumieniu, działanie człowieka bądź obniża, bądź też przyczynia się do wzrostu niezawodności działania całego układu.

Powyższy sposób ujmowania niezawodności człowieka ma jednak bardzo poważne wady, zakłada bowiem, że jego zachowanie się przebiega według zależności liniowej, co jest daleko idącym uproszczeniem. Głównym celem przedstawicieli techniki jest uzyskanie matematycznego opisu skutecznej pracy człowieka-operatora.

Tak np. wyprowadza się wzór, który określa niezawodność człowieka jako funkcję wielu zmiennych takich, jak: parametry fizycznego środowiska pracy, niektóre cechy człowieka wykonującego pracę, czas pracy itp. Opracowano również wzory umożliwiające obliczenie niezawodności człowieka, pozwalające ocenić procentowo liczbę jego błędnych zachowań, stałość w pracy oraz prawdopodobieństwo popełnienia błędu. W me-

tożsiej tej człowieka rozpatruje się jako "czarną skrzynkę" z wejściem i wyjściem, nie bierze się jednak pod uwagę jego wewnętrznych możliwości, których nie można opisać funkcjami liniowymi.

Z punktu widzenia psychologii takie formalne podejście do problemu niezawodności człowieka jest niezadowolające, gdyż nie uwzględnia ono całej specyfiki powstawania i przebiegu procesów psychicznych, pomija też właściwości człowieka pracującego (np. jego motywacje do pracy). Pytanie - kiedy i w jakich warunkach człowiek jest ogniem względnie niezawodnym - pozostaje nadal otwarte.

Niezawodność człowieka w ujęciu psychologii inżynierskiej rozumiana jest głównie jako funkcja konstrukcyjnych cech maszyny. W ciągu ponad 20 lat istnienia psychologii inżynierskiej wykonano ogromną liczbę prac eksperymentalnych, a następnie sformułowano długą listę wskazań, jak należy budować urządzenia wskaźnikowe i sterownicze, aby działanie człowieka w układzie sterowania było niezawodne. Uwzględnienie tych wskazań niewątpliwie w poważny sposób przyczyniło się do zwiększenia niezawodności człowieka. Jednakże wobec zmian, jakie zachodzą w problematyce psychologii inżynierskiej, a zwłaszcza wobec poszerzania się zakresu jej zainteresowań, takie rozumienie niezawodności człowieka jest również niewystarczające. Okazuje się bowiem, że nawet najlepiej przystosowane do człowieka, skonstruowane z uwzględnieniem wszystkich wskazań psychologii inżynierskiej urządzenia nie zapewniają 100% niezawodności człowieka. Pozostaje jeszcze dość szeroki margines wielkości w ogóle nie przewidywalnych, zależnych od indywidualnych cech operatora.

W wyniku dyskusji terminologicznej i merytorycznej w gronie psychologów zajmujących się omawianą tu dziedziną wiedzy przyjęto następującą definicję niezawodności człowieka: Jest to zdolność do wykonywania powierzonych z ad ań z minimalnym ryzykiem popełnienia błędu i w określonym czasie. A więc jest to taka cecha człowieka, która sprawia, że niezależnie od przeszkód i trudności działa on w sposób zgodny z wymaganiami zadania. Niektórzy autorzy (np. Niebylicyn) ze szczególnym naciskiem podkreślają w niezawodności znaczenie wrodzonych cech układu nerwowego w aspekcie odporności na zakłócenia występujące w toku pracy. Nawiasem mówiąc, takie rozumienie niezawodności jest najbardziej zgodne z potocznym znaczeniem tego słowa.

W wyniku psychologicznych badań niezawodności człowieka wyodrębniono trzy rodzaje obiektywnych warunków pracy operatora, nazywając je reżymem pracy. Badacz radziecki Milieran wyróżnia następujące rodzaje reżymu pracy:

### REŻYM MINIMALNY

Występuje on przy pracy w systemie o wysokim stopniu automatyzacji. W zasadzie operator nie wykonuje tu żadnych ruchów sterowniczych. Praca ma charakter monotonny, nużący, przyczynia się do spadku czujności operatora, a nawet powoduje stany hipnotyczne. Istnieje tu większe niż w innych reżymach pracy prawdopodobieństwo całkowitego wyłączenia się operatora z procesu pracy, co może spowodować poważną awarię.

### REŻYM OPTYMALNY

Praca operatora polega na śledzeniu na bieżąco za zmieniającymi się stanami sterowanego obiektu. Operator dokonuje kontroli i korekcji odpowiednich parametrów obiektu sterowania (może nim być np. proces), mających tendencję do wychodzenia poza zakres przewidziany konstrukcją układu. Praca operatora przebiega w dowolnym tempie. Czynności jego są stereotypowe, ściśle zaprogramowane, dobrze wyuczone, niemal automatyczne. Zadania operatora są proste i ich osiągnięcie wymaga niewielkiego wysiłku nerwowego i psychicznego. Sprawność w pracy zachowana jest przez dłuższy czas. Pracę tego typu można powierzyć każdemu dobrze wyszkolonemu człowiekowi. Dobór na takie stanowiska pracy nie jest rzeczą konieczną. Ważniejsza jest próba selekcyjna dla kandydatów, którzy mają przejść odpowiednie wykszolenie, aby potem objąć stanowisko operatora w takich układach.

### REŻYM EKSTREMALNY

Praca przebiega w sytuacjach zwanych trudnymi. Polegają one na tym, że zmiany w sterowanych obiektach mają charakter nieoczekiwany i niezawsze możliwy do przewidzenia. Praca tego typu stawia wysokie wymagania intelektualnej, emocjonalnej sferze osobowości operatora. Zadania stojące przed operatorem nie są stereotypowe, nie są zalgorytmizowane. Myślenie ma tu charakter twórczy lub, jak uważa Puszkina, jest to myślenie heurystyczne.

W pracy przebiegającej w reżymie ekstremalnym nawyki stanowiące zautomatyzowane składniki pracy mają również ważne znaczenie. Normalne zadania operator może wykonać tylko przy wzmożonym poczuciu odpowiedzialności za błędy, przeoczenia i potknięcia, za którymi stoją najczęściej poważne awarie, wypadki, a nawet katastrofy. Praca w takich układach nieuchronnie powoduje zakłócenie naturalnego sposobu regulacji odpoczynku w czasie zmiany roboczej. Długotrwałe obciążenia zarówno fizyczne, jak i psychiczne pro-

wadzą do skrajnego wyczerpania nerwowego i powodują wyłączenie się operatora z toku pracy. Podkreśla się więc znaczenie i konieczność doboru na takie stanowiska operatorskie. Ważne znaczenie miałyby tu testy osobowościowe, gdyż praca ta wymaga pomysłowości, wytrwałości, wzmoczonego poczucia odpowiedzialności itp.

Milieran uważa, że pojęcie niezawodności człowieka powinno być ściśle powiązane z pracą w reżymie zarówno optymalnym, jak i ekstremalnym. Jednakże niezawodność człowieka w tym drugim reżymie pracy jest, mówiąc obrazowo, wyższej próby. Niezawodność można określić za pomocą miary stabilności optymalnego poziomu sprawności człowieka pracującego w warunkach ekstremalnych. Takie podejście pozwala dokonać ilościowej oceny niezawodności poprzez obliczenie stosunku produktywności operatora uzyskiwanej w optymalnym reżymie do produktywności uzyskiwanej w reżymie ekstremalnym.

Istnieją odpowiednie wzory umożliwiające obliczenie współczynnika niezawodności, lecz odnoszą się one do poszczególnych komponentów działania operatora, jak: funkcje sensomotoryczne, czy funkcje intelektualne. I tak np. niezawodność ogniwa sensomotorycznego można zmierzyć, obliczając tzw. współczynnik śledzenia (funkcja przełożeniowa). Jest to stosunek czasu bezbłędnych czynności do ogólnego czasu wykonywania programu. Wskaźnikiem sprawności funkcji intelektualnych może być np. procentowy stosunek błędnych operacji do operacji bezbłędnych itp.

W związku z powyższym nasuwa się następująca uwaga. Jeżeli niezawodność człowieka jest wypadkową tak wielu cech (zmiennych) zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych należałoby wyjaśnić ich stosunkowy udział w zapewnianiu wysokiego poziomu niezawodności człowieka. Jak to się dzieje, że zdrowy, wypoczęty, zrównoważony i dobrze wyszkolony człowiek okazuje się niekiedy zawodny, popełnia błędy i ma zwolnione reakcje? Aby odpowiedzieć na te pytania należy wiedzieć, jakiego rodzaju zadania mu powierzono?

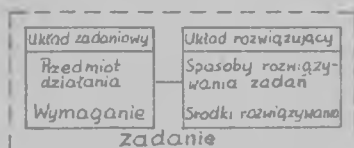
Niniejszy rozdział dotyczył subiektywnych warunków wykonywania pracy. Zarówno cechy czynności takie, jak szybkość i dokładność, jak również cechy człowieka, który je wykonuje: zdolność do uczenia się, plastyczność oraz niezawodność stanowią właśnie owe subiektywne warunki wykonywania pracy. Jednakże taka analiza pracy byłaby niepełna. Obok subiektywnych istnieją również obiektywne warunki wykonywania pracy. Jednym z najważniejszych jest rodzaj struktury zadania lub cyklu zadań stojących przed operatorem. Wykonywanie zadań przebiega zazwyczaj w określonych warunkach fizycznych, lecz w podręcznikach omawia się częściej wpływ tych warunków (z reguły negatywny) na



człowieka, nie zaś na sposób i wynik realizacji zadań. Tu będzie chodziło raczej o samo zadanie, jako obiektywny warunek (zmienna niezależna) niezawodności człowieka, przy zachowaniu stałych pozostałych warunków pracy. W tym celu niezbędną jest klasyfikacja zadań.

#### 4. KLASYFIKACJA ZADAŃ

Często termin zadanie używany bywa zamiennie z terminami: problem lub obowiązek. Jednak nie są to pojęcia o identycznym zakresie. Zadaniem może być rozwiązanie jakiegoś problemu, lecz może być również postawienie problemu. Trzeba również rozróżnić treść zadania od formy, w jakiej zostaje postawione, czy też przedstawione. I tak, jeśli chodzi o formę może to być instrukcja, polecenie, rozkaz, pytanie, na które należy dać odpowiedź itp. Trudniej wymienić rodzaje zadań ze względu na treść, ale właśnie taka klasyfikacja miałaby największą wartość z punktu widzenia analizy pracy. Trudno też podać poprawnie zbudowaną definicję zadania. Pojęcie zadania odgrywa ważną rolę w wielu naukach: matematyce, pedagogice, psychologii. Zadanie staje się też centralnym pojęciem nauki o układach technicznych oraz w naukoznawstwie. Mówiąc językiem opisowym, jest jedną z determinant działania, która określa cel działania oraz zewnętrzne warunki działania (rys. 5).



Rys. 5. Uproszczony schemat zadania (wg Głuszkowa)

Osiągnięty cel staje się realnym wynikiem wykonania zadania, czymś obiektywnym: rzeczą lub faktem. Berlyn tak np. charakteryzuje zadanie: jest to coś istniejącego w zewnętrznym świecie i nie zależące od tego, kto to zadanie rozwiązuje. Jednakże trudno w pełni zgodzić się z tym. Zadanie jest sytuacją obiektywną, o ile jest to sytuacja dla podmiotu. W najszerszym rozumieniu - zadanie to sytuacja wymagająca od człowieka określonego działania.

Powróćmy jednak do treści zadań. Jakie specyficzne pod względem treści zadania stoją przed operatorem? Obecnie brak jest ogólnie przyjętej klasyfikacji zadań. Warto jednak zwrócić uwagę na niektóre propozycje w tym zakresie.

Treść zadań operatora jest zawsze podporządkowana treści zadań całego układu. Jest to więc stosunek podporządkowania. I tak np. Ganzen i Naftuliew wyróżniają 3 typy układów, wymagających realizacji odmiennych zadań.

Są to układy zabezpieczające pracę układu podstawowego, układy podstawowe, stworzone do uzyskiwania określonych efektów produkcyjnych oraz układy przygotowujące do pracy w układzie podstawowym. Pierwszy typ układów stawia następujące rodzaje zadań:

- zadania kontroli i wykrywania defektów,
- zadania usuwania usterek,
- zadania diagnozy i prognozy technicznej,
- zadania związane z zaopatrzeniem układu podstawowego (np. w materiał lub energię).

Drugi typ układów, a mianowicie układy podstawowe, obejmują następujące zadania:

- zadania kontroli i obserwacji sterowanych procesów,
- poszukiwania informacji oraz wykrywania opóźnień w przebiegu procesu,
- śledzenia za zmieniającym swe położenie sygnałem,
- przekazywania informacji,
- podejmowania decyzji,
- zadania czuwania, polegające na włączaniu się w pracę układu w razie awarii.

Jeśli chodzi o trzeci typ układów to wymienia się następujące zadania:

- zadania uczenia się (np. za pomocą maszyn dydaktycznych) oraz
- zadania związane z werbalnym przekazem wiadomości innym ludziom.

Jak widać z powyższego, zadania są tu rozumiane jako czynności, niemniej jest to próba uporządkowania tak rozumianych zadań.

## ROZDZIAŁ V

# PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIA WYNIKÓW PSYCHOLOGII INŻYNIERYJNEJ

## 1. PROJEKTOWANIE I KONSTRUKCJA UKŁADÓW CZŁOWIEK – MASZYNA

### Pojęcie układu człowiek – maszyna

Sposób, w jaki człowiek zostaje włączony do pracy układu, zależy od tego z jakim rodzajem maszyny ma on do czynienia, co z kolei jest uwarunkowane rodzajem procesu produkcyjnego, czy też natury obiektu sterowania. Dlatego też wyróżnia się wąskie i szerokie rozumienie pojęcia układ człowiek-maszyna. W węższym rozumieniu jest to po prostu układ człowiek-narzędzie pracy, to znaczy takie narzędzie, za pomocą którego człowiek oddziałuje w sposób bezpośredni na przedmiot pracy, kontrolując przebieg swojej pracy. W szerokim znaczeniu – to ogół wszystkich maszyn, a nawet (wg Murrela) – całe fizyczne środowisko pracy – człowiek.

Układ człowiek-maszyna we współczesnym rozumieniu, to struktura, którą tworzy operator (lub kilku operatorów) i maszyna (lub kilka maszyn) wykonująca pewną liczbę zadań, polegających na wzajemnie powiązanych funkcjach przez wystarczająco długi okres czasu.

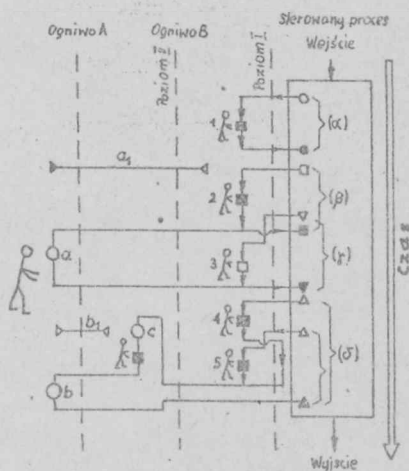
Układ człowiek-maszyna może być składnikiem (podukładem) większego układu zwanego **k o m p l e k s e m   s y s t e m o t e c h n i c z n y m**. Układ taki składa się zazwyczaj z następujących elementów:

- układu rozwiązującego określony typ zadań zgodnie z celem, dla którego został przeznaczony (podstawowy układ "roboczy"),
- układu technicznego pomocniczego zapewniającego sprawne funkcjonowanie podstawowego układu "roboczego",
- zespołu ludzi pracujących według określonego schematu organizacyjnego, którzy współpracują między sobą i z określonymi układami technicznymi,
- kierownika lub zespołu kierowniczego, dokonującego globalnej oceny efektywności działania całego kompleksu systemotechnicznego.

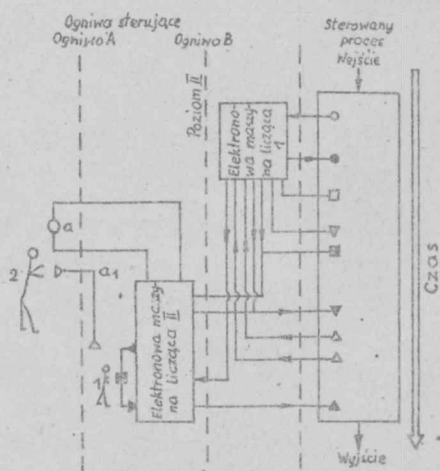
Duże układy (kompleksy systemotechniczne) nie są nowością. Istniały one już po okresie pierwszej rewolucji technicznej. Były to duże przedsię-

biorstwa przemysłowe, w których udział człowieka był decydujący we wszystkich sferach: kierowniczej, produkcyjnej i usługowej. Układy te różniły się od obecnie istniejących tym, że uczestniczyła w nich bez porównania większa liczba ludzi niż w układach współczesnych. Niewspółmiernie była też mniejsza ilość energii, jaką dysponował w układzie poszczególny człowiek oraz ogólna efektywność pracy całego układu. Poszczególne procesy nie mogły być wówczas scentralizowane, gdyż nie można było zadań kierowniczych powierzać jednemu człowiekowi, czy też małej grupie ludzi ze względu na rozproszenie dużej liczby ludzi wykonujących swoje zadania.

W wyniku intensyfikacji procesów produkcyjnych, wzrostu mocy oraz większej efektywności urządzeń technicznych w drodze organizacji całościowego procesu technologicznego, wzrósł stopień złożoności procesu sterowania produkcją. Ale okazało się wkrótce, że człowiek nie jest w stanie w czasie przewidzianym instrukcją technologiczną przetworzyć ogromnej ilości informacji. Niebawem pojawiły się układy, w których zautomatyzowano nie tylko procesy produkcyjne, lecz również procesy kierowania, a to z kolei pociągnęło za sobą konieczność powiązania wszystkich procesów (wykonawczych, pomocniczych i kierowniczych) i scentralizowanie ogromnej masy informacji w jednym punkcie. Powstały centralne sterownie (dyspozytornie) znajdujące się w odrębnych i oddzielonych od produkcji budynkach, nazywane najczęściej "sercem" kombinatu. Ścisłe powiązanie procesów produkcyjnych oraz powierzenie znacznej liczby funkcji kierowniczych automatom bynajmniej nie zmniejszyło roli człowieka w układzie. Uważa się (Nieblycin i



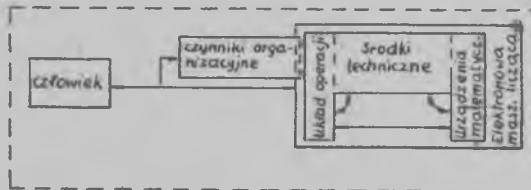
Rys. 6. Schemat niezautomatyzowanego układu sterowania (wg Fatkina)



Rys. 7. Schemat zautomatyzowanego układu sterowania (wg Fatkina)

Nikołajew), że rola człowieka wzrosła i określa się, że człowiek wykonuje tu zadania o charakterze strategicznym, w porównaniu do zadań w dawnych układach kompleksowych, które miały raczej charakter taktyczny.

Rysunek 6 przedstawia schemat nie zautomatyzowanego układu sterowania, zaś rysunek 7 schemat zautomatyzowanego układu. W układzie tym włączone są elektronowe maszyny liczące. Ostatnio coraz więcej uwagi poświęca się układom człowiek-maszyna licząca, włączonych w większe kompleksy techniczne. Doskonalenie techniki obliczeniowej idzie w dwu kierunkach: zwiększenia s z y b k o ś c i działania maszyn liczących oraz przekształcenie maszyny w godnego w całym tego słowa znaczeniu partnera człowieka. Chodzi tu o to, aby współpraca człowieka i maszyny liczącej miała charakter dialogu. A więc, aby była partnerem "rozumiejącym", "pojętym" a czasami nawet pełniła rolę cierpliwego "nauczyciela". Chodzi o to, by maszyna demonstrowała sposoby uzyskiwania wyników, a nie tylko "gołe" liczby, a także aby podsuwała sposoby dalszego wykorzystania owych wyników (rys. 8).



Rys. 8. Układ człowiek-maszyna licząca (wg Głuszkowa)

### Rodzaje układów człowiek – maszyna

Klasyfikację układów człowiek-maszyna można ułożyć, posługując się różnymi kryteriami. Jednym z nich jest kryterium obiektu sterowania, a ściślej mówiąc, stopnia złożoności tego obiektu. I tak istnieje sześć rodzajów układów, w których każdy następny różni się od poprzedniego właśnie stopniem złożoności obiektu sterowania:

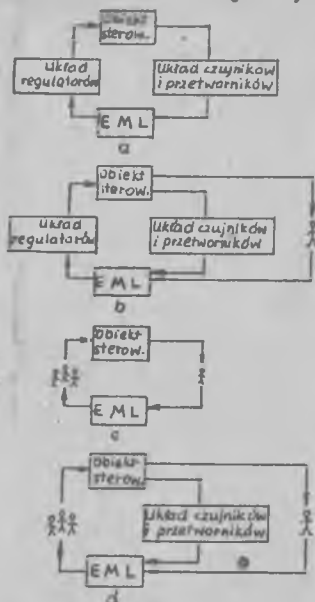
- 1) układ służący do bezpośredniego sterowania procesem produkcyjnym (składa on się z narzędzi, maszyn itp. np. obrabiarek oraz obsługujących je ludzi),
- 2) układ sterujący pracą wydziału produkcyjnego,
- 3) układ sterujący pracą całego przedsiębiorstwa,
- 4) układ sterujący gałęzią przemysłu,
- 5) układ sterujący gałęzią gospodarki,
- 6) układ sterujący całą gospodarką kraju.

W naszym kraju przykładem układu 3) jest zautomatyzowana kopalnia "Jan" w Katowicach. Rzecz jasna, układy 4) i 5) stanowią na obecnym etapie automaty-

tyzacji jeszcze rzadkość. Układ 6) jest wzorcem, do którego zmierza współczesna technika.

Powyższe układy można również sklasyfikować, biorąc pod uwagę charakter obiektu sterowania. W ten sposób uzyskamy podział na układy sterujące procesami technologicznymi (obiekty materialne, fizycznej natury), w których sygnały przenoszą informację oraz układy sterowania administracyjnego (obiekty sterowania natury ekonomicznej), gdzie informację zawierają i "przenoszą" rozmaite dokumenty krążące między ludźmi stanowiącymi załogę układu.

W zależności od stopnia udziału człowieka w pracy układu, układy można podzielić na: a) a u t o m a t y c z n e - człowiek jest praktycznie wyeliminowany z pracy układu, p ó ł - a u t o m a t y c z n e - częściowo obsługę powierza się ludziom (nadzór) oraz układy z a u t o m a t y z o w a n e - zakłada się pracę ludzi (rys. 9).



Rys. 9. Różne typy układów sterowania

a) automatyczne, b) półautomatyczne, c) i d) zautomatyzowane (wg Głuszkowa)

### Podział funkcji między człowiekiem i maszyną

Podział funkcji między człowiekiem i maszyną jest najważniejszym etapem projektowania układu człowiek-maszyna. Na tym etapie najbardziej potrzebna jest wiedza o właściwościach człowieka, aby określić jego możliwości i ograniczenia oraz porównać je z możliwościami maszyny. W tym właśnie celu tworzy się wspólny język (najlepiej jeśli jest to język matematyczny) opisujący zachowanie się człowieka i zachowanie się maszynowych elementów układu. I tak człowiek przewyższa maszynę w następujących dziedzinach działania:

- przy wykrywaniu słabych sygnałów wzrokowych i słuchowych (jest to zdolność do wykrywania nieoczekiwanych sygnałów pojawiających się na tle "szumu"),

- przy odbiorze, interpretacji i scalaniu informacji cząstkowych oraz uzupełnianiu brakujących informacji,

- przy wykonywaniu płynnych ruchów sterujących,

- gdy trzeba przechować dużą ilość informacji przez długi okres czasu, a następnie wykorzystać określoną wiadomość w odpowiedniej chwili, gdy zaistnieje tego konieczność oraz gdy trzeba zapamiętać dane na zasadzie korelacyjnej, tzn. wiązać kierunek zmian dwuzmiennych,
- w sytuacjach, gdy potrzebne jest wnioskowanie indukcyjne,
- gdy trzeba stworzyć nowy program działania, (zdolność do samoprogramowania)
- gdy potrzebna jest orientacja w sytuacji napływu bodźców mało prawdopodobnych i nieoczekiwanych,

Maszyna natomiast przewyższa człowieka pod następującymi względami:

- szybkości udzielania odpowiedzi oraz wykonywania powtarzających się stereotypowych czynności,
- przechowywaniu informacji w skróconej postaci a odrzucaniu informacji zbędnych i nieistotnych,
- zdolności do wykonywania wielu operacji jednocześnie.

Opierając się na powyższym rejestrze zalet człowieka i zalet maszyny, można przystąpić do fazy projektowania układu.

## 2. PROJEKTOWANIE I KONSTRUKCJA POSZCZEGÓLNYCH ELEMENTÓW MASZINY

### Urządzenia informujące

Jeśli chodzi o problem przepływu informacji od maszyny do człowieka wykonującego pracę, to z punktu widzenia psychologii inżynierskiej należy wyróżnić specyficzną formę odbioru i informacji za pośrednictwem sygnałów wtórnych, a nie pierwotnych. Przypuśćmy, że ktoś obsługuje wiertarkę i jego zadaniem jest wywiercenie otworu określonej średnicy w płycie metalowej. Operator w i d z i jak wiertło zagłębia się w materiale, s ł y s z y charakterystyczne odgłosy pracującej maszyny, c z u j e nacisk własnej ręki na odpowiednie urządzenie sterujące itp. Są to sygnały wzrokowe, słuchowe i kinestetyczne, pochodzące b e z p o ś r e d n i o od różnych przedmiotów i wywołane b e z p o ś r e d n i o przez różne procesy zachodzące w najbliższym otoczeniu operatora względnie w nim samym. Takie sygnały nazywa się w ł a ś n i e n a t u r a l n y m i lub p i e r w o t n y m i.

Gdy natomiast pracownik odczytuje np. ciśnienie gazu wskazywane przez manometr, temperaturę wskazywaną przez termometr, słyszy brzęczyk sygnali-

zujący początek jakiegoś procesu itp., mówimy wtedy, że odebrał sygnał nadany przez specjalne urządzenia informujące. Sygnał taki nazywamy czasem sygnałem umownym, sztucznym albo wtórnym. Informacja niesiona przez taki sygnał jest najczęściej zakodowana. I tym rodzajem sygnałów (ich konstrukcją) zajmuje się psychologia inżynierska.

Problematyka, dotycząca procesu odbioru informacji w toku pracy człowieka jest problematyką niezwykle rozległą i złożoną. Wynika to z wielkiej różnorodności rodzajów pracy i różnych stopni jej złożoności, z wielkiej różnorodności odbieranych sygnałów i warunków, w jakich praca się odbywa. W naszych dalszych rozważaniach główny nacisk położymy na zagadnienie odbioru sygnałów wtórnych, nadawanych przez specjalne urządzenia informujące. Urządzenia tego rodzaju są najczęściej nazywane wskaźnikami (ang. display) Zadaniem ich jest prezentowanie człowiekowi informacji przeznaczonych dla różnych narządów zmysłowych, przede wszystkim dla wzroku i słuchu. Odpowiednio do tego dzielimy wskaźniki na dwie główne grupy: wskaźników w z r o k o w y c h (wizualnych) i s ł u c h o w y c h, jakkolwiek spotyka się również wskaźniki dotykowe i inne.

Głównym problemem w tej dziedzinie jest także zaprojektowanie wskaźników i ich układów, by odpowiadały one w maksymalnym stopniu wszelkim wymaganiom aparatu odbiorczego człowieka, specyfice jego receptorów. Staje się to możliwe tylko w oparciu o empiryczną wiedzę o odpowiednich prawidłowościach psychologicznych, rządzących działaniem tych receptorów. Stąd cała dziedzina badań z tego zakresu ma charakter zdecydowanie eksperymentalny, a uzyskiwane wyniki znajdują bezpośrednie zastosowanie przy rozwiązywaniu praktycznych zagadnień projektowania odpowiednich urządzeń technicznych.

#### WSKAŹNIKI WZROKOWE

Wskaźniki wzrokowe należą do najczęściej używanych. Stąd największa liczba sformułowanych zagadnień szczegółowych i wykonanych prac eksperymentalnych.

Na wstępie rozpatrzmy niektóre zagadnienia o znaczeniu bardziej ogólnym. Pytanie, jakie sobie tu można postawić jest następujące: jak powinien być zaprojektowany wskaźnik, żeby dostarczona przy jego pomocy informacja mogła być odbierana w drodze spostrzegania wzrokowego w sposób możliwie najszybszy i bezbłędny. Jest to jednak sformułowanie ogólne, które domaga się sprecyzowania. Nasuwa się mianowicie dalsze pytanie, co mamy na myśli mówiąc o "odbieraniu informacji" np. za pośrednictwem wzroku. Proces odbio-



ru informacji jest bardzo złożony. Uważa się, że najważniejszy jest tu etap rozpoznawania bodźca, jego identyfikacji. Chodzi więc nie tylko o wykrycie obecności bodźca, ale również o odpowiedź na pytanie co widzi operator. W psychologii inżynierskiej mówi się w związku z tym o badaniu czytelności wskaźników, rozumiejąc przez to taki zespół ich określonych cech, który w tej mierze, w jakiej zależy to od konstrukcji wskaźnika ułatwia szybkie i bezbłędne spostrzeżenie jego wskazań.

Przy badaniu tak rozumianej czytelności wskaźników jako kategorię oceny przyjmujemy zarówno szybkość, jak i dokładność odczytywania. Oprócz tego w psychologii inżynierskiej można spotkać badania nad widocznością bodźców. Według Fittsa w badaniach nad widocznością szybkość spostrzegania nie gra roli, a głównym kryterium oceny jest dokładność. Analogicznie do omówionej wyżej czytelności, jako cechy wskaźników i związanej z nią funkcji rozpoznawania, możemy tu mówić o widoczności wskaźników i ich elementów oraz o związanej z nią funkcji dostrzegania obecności wyodrębnianych bodźców.

W pracy bywają sytuacje, w których jest rzeczą ważną stwierdzenie samej obecności bodźca, np. że temperatura przekroczyła ustaloną granicę, przy czym może być obojętne - o ile. Wystarcza nam wtedy spostrzeżenie mniej szczegółowe. W praktyce projektowania konkretnych wskaźników trudno czasem rozdzielić zagadnienia czytelności od zagadnień widoczności.

#### ZAGADNIENIE WIDOCZNOŚCI

Wszelkie wskaźniki wzrokowe oraz ich istotne elementy konstrukcyjne muszą wykazywać odpowiednią widoczność jako cechę podstawową, na której opierają się inne, bardziej złożone i subtelne właściwości.

Badania w tym zakresie dotyczyły różnych rodzajów sygnałów. I tak np. w przypadku sygnałów radarowych, które mają postać jasnych plamek, pojawiających się na specjalnym ekranie istotne są zależności pomiędzy widocznością takich sygnałów a ich wielkością, jasnością i rodzajem tła, na jakim występują.

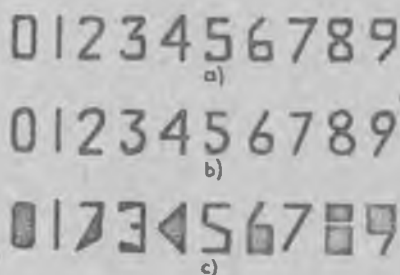
Fitts podaje, że gdy chodzi o widoczność tarcz instrumentów przy zachowaniu adaptacji oka do ciemności, to ważna jest barwa światła użytego do oświetlenia takich tarcz. Najlepsze okazało się tu światło czerwone dzięki temu, że te elementy siatkówki, które pracują przy tzw. widzeniu nocnym, są stosunkowo mało wrażliwe na czerwień. Okazało się, że widoczność liczb i liter zależy w znacznej mierze od stopnia kontrastu z tłem, a znacznie mniej od ich barwy.

Prowadzi się również badania nad widocznością bardziej skomplikowanych sygnałów, jak np. zmian położenia kąтового wskazówek na tarczach przyrządów, zmian szybkości poruszających się przedmiotów (przyspieszeń i opóźnień), liczb i liter, stosowanych we wskaźnikach różnego typu itp.

#### ZAGADNIENIE CZYTELNOŚCI

W literaturze można znaleźć wiele prac poświęconych czytelności opisujących zależność czytelności wskaźnika od wielu różnych czynników, takich jak: rozmaite cechy liter i cyfr, różne rodzaje barw i ich kontrastów, różne cechy zastosowanych skal itp. Prowadzi się również badania nad czytelnością znaków - symboli w porównaniu z objaśnieniami słownymi. Zastosowanie symboli geometrycznych i oznaczeń obrazowych zamiast objaśnień słownych na ogół poprawia czytelność. Ludzie łatwiej odbierają informację przekazaną, np. za pomocą strzałki niż za pomocą napisu "na prawo" lub "na lewo". Słowne polecenie w rodzaju: "proszę się odwrócić w lewo" u wielu osób wywołuje stan zaskoczenia i wahania (Fitts).

Z badań nad różnymi cechami liter i cyfr można wymienić badania nad wielkością znaków, ich rodzajem i formą (tzw. krojem liter i cyfr) nad grubością kresek, barwą znaków, ich tła oraz jeśli chodzi o dłuższe teksty nawet nad takimi czynnikami, jak odstępy między wierszami, marginesy, układy kolumn itp. Badacze zajmujący się tymi sprawami podkreślają jednak zgodnie, że wszystkie te czynniki bardzo silnie oddziałują na siebie wzajemnie, stąd ustalenie jakichś wartości optymalnych dla któregoś z nich badanego w izolacji, może łatwo "zaprowadzić na manowce" (rys. 10).



Rys. 10. Zalecane kształty cyfr

a) według Bergera b) według Mackwortha c) według Lansdeila

Dalej można wymienić badania nad wielkością wskaźników oraz klasyczne już badania Slighta nad zależnością pomiędzy czytelnością a kształtem skali. Slight porównywał skale proste, poziome i pionowe, okrągłe i półokrągłe oraz okienkowe, w wyniku których okazało się, że najlepsze są skale półokrągłe. Bardzo wiele uwagi poświęcono również badaniom nad rozmieszczeniem kresek podziałkowych, optymalną długością wskazówki, jej odległość od tarczy skali (w Polsce badania z tego zakresu prowadził L. Paluszkiewicz).

## GLÓWNE TYPY WSKAŹNIKÓW WZROKOWYCH I ICH CECHY KONSTRUKCYJNE

Istnieje bardzo dużo rodzajów wskaźników wzrokowych i można je porządkować w ramach rozmaitych klasyfikacji. Jedną z najbardziej zasadniczych, to klasyfikacja, według której wyodrębnia się wskaźniki obrazowe i wskaźniki symboliczne. Wskaźniki obrazowe odzwierciedlają w sposób naoczny daną sytuację wraz ze wszystkimi jej zależnościami natury geometrycznej lub przestrzennej. Jako krańcowy przykład takiego wskaźnika wymienia się zazwyczaj obraz telewizyjny (coraz częściej stosowany w przemyśle) oraz fotografię. Wskaźniki symboliczne prezentują informacje ujęte w postaci umownych znaków (kodów) lub procesów reprezentujących w określony sposób różne stany rzeczy. I tak np. na podstawie wysokości rtęci w termometrze określamy bezpośrednio niedostępną naszej obserwacji temperaturę pary wodnej w kotle. Podobnie woltomierz nie pokazuje nam bezpośrednio napięcia prądu, lecz określone wartości na swojej skali. W ruchu drogowym i kolejowym światło czerwone oznacza stój, zielone - wolna droga itp.

Mimo tak wyraźnej zasady podziału w praktyce spotyka się często wskaźniki obrazowe, które zawierają wiele elementów wskaźników symbolicznych i odwrotnie. Wobec tego ostra granica podziału jest i tutaj trudna do ustalenia. Do najczęściej spotykanych należą jednak wskaźniki, w których przeważa zdecydowanie ujęcie symboliczne.

Zależnie od rodzaju odbieranej informacji oraz od sposobu jej wykorzystania wyróżnia się najczęściej pięć głównych rodzajów korzystania ze wskaźników wzrokowych:

- 1) odczytywanie ilościowe, tzn. odbieranie dokładnej informacji ilościowej, np. szybkości w km/godz. liczby impulsów na sek. itp.
- 2) odczytywanie jakościowe i sprawdzające, tzn. odbieranie informacji, dotyczącej określonego stanu rzeczy albo polegającej na sprawdzeniu czy dany stan rzeczy zachodzi, np. ładowanie lub wyładowywanie akumulatora, przekroczenie dopuszczalnej temperatury itp.
- 3) odczytywanie wyników czynności regulacyjnych, gdy zadanie operatora polega na uzyskaniu ściśle określonego położenia jakiegoś wskaźnika; sytuacja tego typu zachodzi, np. przy regulacji odbiornika radiowego,
- 4) odbieranie informacji napływających w sposób ciągły, potrzebnych dla operacji śledzenia, kiedy zadanie operatora polega na podążaniu za ruchomym celem tzn. wskazówka lub odpowiednie sygnał świetlny wskaźnika czyli ścigacz ma być utrzymany w stałym kontakcie z ruchomym celem; najbardziej typowe przykłady takich operacji to obsługa radaru, urządzeń celowniczych itp.

Istnieją ponadto sposoby korzystania ze wskaźników, nie mieszczące się w schemacie opisanym powyżej.

Wskaźniki wzrokowe, w których informacja ujęta symbolicznie lub obrazowo jest przedstawiona za pomocą jednego lub wielu elementów ruchomych nazywane są *w s k a ń n i k a m i m e c h a n i c z n y m i*.

Podam przykładowo niektóre wskazania dotyczące wskaźników mechanicznych z uwagi na to, że należą one do najbardziej rozpowszechnionych w praktyce. Zazwyczaj wyróżnia się trzy odmiany takich wskaźników:

- 1) liczniki (wskaźniki cyfrowe) eksponujące określone wartości liczbowe do bezpośredniego odczytania (A),
- 2) wskaźniki wychyłowe złożone z tarczy i wskazówki, w których skala jest nieruchoma a wskazówka ruchoma (B),
- 3) wskaźniki wychyłowe, w których skala jest ruchoma a wskazówka nieruchoma (C).

Morgan i Chapanis podają zestawienie ogólnych wskazań, dotyczących najbardziej celowych zastosowań wymienionych wyżej typów wskaźników.

Bardzo wiele badań prowadzono np. nad różnymi cechami skal wskaźników symbolicznych. Przy wyborze skali należy brać pod uwagę jej zakres (różnicę pomiędzy najwyższą i najniższą wartością skali). Istotne znaczenie ma również wymagana dokładność odczytywania. Zasadniczy postulat psychologiczny brzmi: nie prezentować operatorowi więcej informacji niż on rzeczywiście potrzebuje. Różny może być również stopień szczegółowości skali. Należy zawsze wybierać taką, która jest najmniej skomplikowana, a jednocześnie zapewnia niezbędną ilość informacji.

Inna ważna zasada natury psychologicznej orzeka, że informacja powinna być podawana w postaci możliwie najgruntowniej opracowanej, tzn. takiej, która może służyć do bezpośredniego wykorzystania. Im więcej operator musi dokonywać różnych operacji myślowych, przekształceń, interpretacji itp. na materiale informacyjnym dostarczonym przez wskaźnik, tym więcej jest okazji do błędów i na ogół dłuższy jest czas odczytywania.

Z tego względu podaje się niekiedy, np. wartości procentowe zamiast bezwzględnych, co zwalnia operatora od funkcji pamiętania i porównywania rozmaitych wartości bezwzględnych. Ponadto skala procentowa zawiera z reguły mniejsze liczby (od 0% do 100%), co czyni ją bardziej czytelną.

W związku z powyższym zagadnieniem unikanie zbędnych operacji myślowych wymaga bardzo licznych badań nad różnymi cechami podziałek, stosowanych na tarczach wskaźników. Oto przykłady szczegółowych zagadnień z tego zakresu: jakie powinny być numerowane odstępy podziałki (tzn. różnice liczbowe pomiędzy dwiema sąsiadującymi liczbami na skali), jaki powinien być najmniej

szy przedział podziałki (tzn. wartość liczbowa, reprezentowana przez bezpośredni sąsiadujące ze sobą kreski podziałkowe).

Oto kilka podstawowych zasad konstrukcji takich skal:

1. Wielkości najmniejszych przedziałów podziałki powinny w miarę możliwości wynosić jeden, dwa lub pięć oraz wielokrotności tych liczb, uzyskane przy mnożniku 10; np. 0,1; 1; 10; 100; 0,2; 2; 20; 200; albo 0,5; 5; 50; 500. Można również stosować ich połączenia, np. 0,250; 2,5; 25; 250 itp.

2. Pomiedzy numerowanymi kreskami podziałkowymi nie powinno być w zasadzie więcej niż 10 najmniejszych przedziałów podziałki.

3. Do korzystnych należą również skale numerowane w przedziałach 1, 10, 100 itd. dzielonych co najwyżej na 10 części. Będą to szeregi, odpowiednio: 0,1,2,3,4 ... itd. 0,10,20,30,40 ... itd. oraz 0,100,200,300,400 ... itd.

Na zakończenie jeszcze kilka przykładów ogólnych zasad dotyczących konstrukcji wskaźników wzrokowych:

1. Kierunek wzrostu liczb na skalach okrągłych i półkolistych powinien być zgodny z kierunkiem ruchu wskazówek zegara, na skalach prostych pionowych powinien przebiegać od dołu do góry, na prostych poziomych - z lewa na prawo.

2. Skala okrągła wskaźnika jednoobrotowego powinna mieć wyraźny odstęp pomiędzy początkiem i końcem skali. Odstęp ten powinien się znajdować u dołu tarczy (B).

3. Gdy operator ma porównywać położenie wielu wskazówek przy odczytywaniu prowadzającym, początek skali powinien być umieszczony tak, by żądana wartość leżała w położeniu "godziny dziewiątej" (C).

4. We wskaźnikach wieloobrotowych początek skali powinien być umieszczony u góry tarczy (D).

5. By uniknąć zbytniego ścieśniania skali okrągłej, liczby umieszcza się zazwyczaj na wewnątrz kresek podziałkowych. Jednakże jeśli tylko miejsce pozwala należy umieszczać liczby na zewnątrz kresek podziałkowych. Zyskuje się wtedy bardzo na czytelności, gdyż wskazówka nie zasłania liczb (E).

6. Na skalach prostych liczby powinny być umieszczone po tej stronie kresek podziałkowych, po której występują ich różne długości. Wskazówka powinna się znajdować po przeciwległej stronie, a jej zakończenie być możliwie bliskie wyrównanych zakończeń kresek podziałkowych. Wskazane jest również, by wskazówka była umieszczona u dołu skali poziomej i z prawej strony skali pionowej (F).

## WSKAŹNIKI DOTYKOWE

Tego typu wskaźniki mają szczególne zastosowanie gdy chodzi o rozróżnienie urządzeń sterowniczych obsługiwanych rękami wtedy, gdy takich urządzeń jest dużo na niewielkiej przestrzeni, a sytuacja operatora jest tego rodzaju, że nie zawsze może on stosować kontrolę wzrokową. Jedyny oczywisty sposób, jaki się tu stosuje, to nadawanie uchwytem urządzeń sterowniczych tak wyraźnie zróżnicowanych kształtów, żeby ich dotykowe rozpoznawania było łatwe i bezbłędne. Można iść jeszcze dalej i nadawać uchwytem kształty symbolizujące niedwuznacznie funkcję określonego urządzenia. I tak np. uchwyt dźwigni, służącej do opuszczania podwozia w samolocie może mieć kształt koła z oponą.

Gałki regulacyjne, typu radiowego różnicuje się dotykowo, stosując różne przekroje o różnych rodzajach nacięć i rowków.

## WSKAŹNIKI SŁUCHOWE

Pominę tu obszerne zagadnienie podawania informacji za pomocą mowy i ograniczę się do sygnałów specjalnych (różnych od mowy), nadawanych przez odpowiednie urządzenia techniczne. Przekazywanie informacji za pomocą słuchu ma pewne wady i zalety w stosunku do drogi wzrokowej. Jedną z najważniejszych zalet sygnałów słuchowych jest to, że mogą one docierać do odbiorcy bez względu na to, czy skierowuje on swoją uwagę na ich źródło czy nie. W tym sensie droga wzrokowa jest bardziej selektywna - odbieramy w niej te sygnały, na które jesteśmy nastawieni. W związku z tym, można ustalić pewne zalecenia, dotyczące stosowania sygnałów słuchowych. I tak np. sygnały słuchowe są wskazane, gdy:

- 1) sygnał ma mieć charakter ostrzegawczy i chodzi o to, by dotarł on do operatora bez względu na jego sytuację, położenie głowy itp.
- 2) chcemy odciążyć wzrok operatora, zmuszonego do odczytywania dużej liczby wskaźników wzrokowych;
- 3) odbiór informacji na drodze wzrokowej jest niemożliwy lub ograniczony, np. wskutek warunków oświetleniowych.

Niewątpliwą wadą sygnałów słuchowych jest możliwość stosunkowo łatwego ich maskowania (zagłuszenia) przez inne dźwięki i hałas powstający w środowisku pracy. Ponadto przy pomocy sygnałów, różnych od mowy trudno jest przekazywać informacje bardziej skomplikowane. Stąd wytyczne dla stosowania takich sygnałów są następujące: sygnały słuchowe, różne od mowy można stosować gdy:

- 1) informacja jest bardzo prosta,
- 2) odbiorca jest wyszkolony w odbiorze określonego kodu akustycznego,
- 3) informacja wymaga natychmiastowego działania,
- 4) są złe warunki do odbioru mowy (pewne sygnały słuchowe mogą być słyszalne nawet na tle hałasów, które całkowicie znoszą zrozumiałość mowy),
- 5) chodzi o zaszyfrowanie informacji przeznaczonej tylko dla określonego odbiorcy,
- 6) gdy mowa mogłaby maskować inną mowę, lub męczyć odbiorców, dla których nie jest przeznaczona.

Bodźce akustyczne stosuje się również jako sygnały alarmowe i ostrzegawcze.

Jest wiele odmian urządzeń do nadawania tego rodzaju sygnałów: bucзки albo rogi, gwiazdki, syreny, dzwonki, gongi itd. Bucзки albo rogi, które z reguły mają niską częstotliwość nadają się do sygnalizacji na duże odległości i w związku z tym są najczęściej używane jako sygnały ostrzegawcze dla statków w czasie mgły. Łatwo można tu stosować kody, gdyż sygnały mogą być nadawane kierunkowo oraz w sposób przerywany w rozmaitych rytmach. Gwiazdki mają raczej wysokie częstotliwości, mogą również działać kierunkowo, ale przy dużej mocy są przeraźliwe. Do dalekiego zasięgu nadają się szczególnie syreny, które dzięki charakterystycznemu falowaniu wysokości tonu łatwo przebijają się przez hałasy maskujące i dobrze mobilizują uwagę. Dzwonki, mimo z reguły małej mocy, mają podobną własność, gdyż odcinają się ostro od tła. Zawierają też wysokie częstotliwości, które są dobrze odbierane poprzez hałas o niskich częstotliwościach.

### Urządzenia sterownicze

Gdy operator przy pomocy urządzeń sterowniczych wpływa na pracę maszyny można to określić jako przekazywanie informacji maszynie przez człowieka. Ten proces "informowania" maszyny albo sterowania odbywa się w zasadzie przy udziale ruchów człowieka, posługującego się takim czy innym urządzeniem sterowniczym. Czynności ruchowe tego rodzaju można również usprawniać i ułatwiać w drodze odpowiedniego konstruowania i rozmieszczenia urządzeń sterowniczych w oparciu o wiedzę o człowieku, jako wykonawcy takich czynności. Trzeba tu badać wszelkie prawidłowości rządzące reakcjami sensomotorycznymi człowieka, analizować z tego punktu widzenia proces pracy oraz rolę operatora jako aktywnego ogniw w tym procesie. Dla lepszego naświetle-

nia tych zagadnień w ramach krótkiego przeglądu, rozpoczniemy od omówienia niektórych badań nad ruchami człowieka a potem podamy parę przykładów praktycznych wyników, które mogą być bezpośrednio przydatne dla konstruktorów.

#### ZASADY KONSTRUOWANIA URZĄDZEŃ STEROWNICZYCH

Na wstępie przytoczę w skrócie ogólne wskazania, zestawione przez Morgana i Chapanisa. Są one następujące:

1. Konstruując urządzenie sterownicze, należy brać pod uwagę: funkcję, jaką ma ono pełnić, wymagania, jakie stawia zadanie, zasięg informacji potrzebnych operatorowi oraz warunki wyznaczone przez charakter miejsca pracy.

2. Liczba urządzeń sterowniczych powinna być możliwie najmniejsza, ruchy potrzebne do ich uruchamiania powinny być możliwie łatwe i krótkie oraz dostosowane do potrzebnego stopnia dokładności i odpowiedniego "wyczućcia".

3. Urządzenia sterownicze powinny stawiać odpowiedni opór, zapobiegający niezamierzonemu uruchomieniu urządzenia samym ciężarem ręki lub nogi. Oprócz tego, odpowiednio dobrane opory przy posługiwaniu się urządzeniem powinny ułatwiać wyczuwanie, np. momentu hamowania, momentu włączenia itp.

4. Ręczne urządzenia sterownicze są najwłaściwsze wtedy, gdy chodzi: a) o wysoką dokładność regulacji, b) o szybkie ruchy, c) o małe siły nacisku.

Nożne urządzenia sterownicze są najwłaściwsze, gdy operacja jest prosta, ale wymaga bądź dużego jednorazowego nacisku, bądź ciągłych nacisków przez długie okresy czasu.

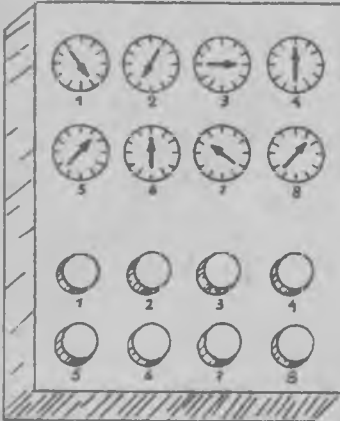
Należy tu dodać ważne zastrzeżenie: ręka może obsługiwać większą liczbę urządzeń różnych rodzajów, natomiast jedna stopa nie powinna w żadnym razie obsługiwać więcej niż dwa urządzenia, nawet bardzo prostego typu.

Ogromne znaczenie praktyczne ma zasada właściwego powiązania kierunków ruchu urządzenia sterowniczego i urządzenia sterowanego względnie zmiany wywołanej przez ruch urządzenia sterowniczego w całym systemie lub jego elemencie. Określone powiązania tego rodzaju wpływają wyraźnie na poprawę:

- szybkości reakcji,
- dokładności ruchu sterowniczego (np. maleje możliwość wykonania tego ruchu w fałszywym kierunku),
- szybkości i dokładności operacji sterowania,
- czasu wyczućcia się obsługi przez operatora.



Znaczenie wszystkich wymienionych wyżej elementów zwiększa się wybitnie wraz ze wzrostem złożoności zadania, liczby przerw w serii ruchów, składających się na operację sterowania oraz stopnia stresu doznawanego przez operatora.



Rys. 11. Powiązanie sterów i wskaźników łatwe do opamięnienia (wg Morgana)

Jakie powiązania kierunków ruchu urządzenia sterowniczego i zmian wywoływanych przez ten ruch uważa się za najlepsze?

Najprościej można odpowiedzieć na to pytanie w sposób następujący: omawiane powiązania powinny spełniać przynajmniej jedno z dwóch zasadniczych wymagań: a) powinny być zgodne z zależnościami odczuwanymi jako naturalne, b) powinny być zgodne z rozwiązaniami najczęściej występującymi w praktyce oraz w miarę możliwości znormalizowane i ujednolicone. Jak stwierdzono w licznych badaniach owe "zależności naturalne", to pewne wzory nawyków ruchowych, występujące powszechnie w sposób spontaniczny, bez uprzed-

niego szkolenia czy instruowania. Są to pewne typy reakcji występujące powszechnie i dlatego bywają nazywane "stereotypami populacyjnymi".

Dla przykładu podaję niektóre z tych zależności:

1. Przy ruchach drążków sterowniczych (lewarków) lub wyłączników umieszczonych na tablicach pionowych ruch do góry odczuwany jako włączenie, przyspieszenie, zwiększenie (np. mocy) - ruch do dołu jako wyłączenie, zwolnienie, zmniejszenie. Przy ruchach drążków i wyłączników umieszczonych na tablicach poziomych ruch do przodu - odczuwany jako włączenie, przyspieszenie, zwiększenie, - ruch do tyłu jako wyłączenie, zwolnienie, zmniejszenie.

2. Przy ruchach na prawo lub na lewo względem operatora (w jego płaszczyźnie czołowej) ruch na prawo odczuwany jako włączenie, przyspieszenie, zwiększenie, ruch na lewo - jako wyłączenie, zwolnienie, zmniejszenie.

Wśród tych zależności "naturalnych" szczególne znaczenie mają takie powiązania, w których główną rolę gra zgodność kierunku ruchu sterowniczego i urządzenia sterowanego. Zgodność tych kierunków odczuwamy zawsze jako zależność prawidłową i naturalną. I tak np. jeśli przesuwamy dźwignię w prawo - element sterowany powinien się również przesunąć względnie obracać w prawo, jeśli kręcimy gałką zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara - element sterowany powinien się kręcić w tym samym kierunku itp.

Istnieje bardzo wiele urządzeń służących do sterowania, jak np. przyciski, dźwigi, koła, nastawniki, korby, pedały itd. Zastosowania ich są bardzo rozmaite, a wybór zależy od wielu okoliczności.

I tak np. do uruchamiania i zatrzymywania oraz włączania i wyłączania, używa się na ogół przycisków lub wyłączników, często tzw. kolankowych. Do zadań precyzyjnej regulacji, gdzie chodzi o małe siły, nadają się najlepiej obrotowe gałki regulacyjne. Do przeprowadzenia odrębnych operacji jednostkowych, przy stosowaniu nieco większych nacisków, najlepsze są dźwigi sterownicze lub lewarki. Dla zadań regulacji ciągłej, prowadzonej z dużą dokładnością najlepsze są koła i korbki, pracujące z odpowiednio dużym przełożeniem.

#### PRZYCISKI RĘCZNE

Przyciski wymagają małej przestrzeni i mogą być cechowane przy pomocy barwy i wielkości. Nadają się do szybkiej obsługi. Średnica ich nie powinna być mniejsza niż 1,25 cm oraz 1,9 cm dla przycisków awaryjnych. Skok powinien się wahać w granicach od 0,3 cm do 3,8 cm, a opór od 280 G do 1100 G. Opór powinien być elastyczny, początkowo mały - potem szybko wzrastający, aż do momentu włączenia, potem powinien następować nagły spadek oporu. Przyciski powinny mieć powierzchnię wklęsłą lub rowkowaną.

Przyciski nożne mają mieć skok stosunkowo duży (do 100 mm), a opór w granicach od 1,8 kg do 9,0 kg. Stosuje się je tam gdzie chodzi o zwolnienie rąk do innych operacji. Wadą jest trudność oceny ich aktualnego stanu (włączony czy wyłączony). Dotyczy to również większości przycisków ręcznych.

Obrotowe gałki regulacyjne mają nieograniczony zasięg ruchu, wymagają mało przestrzeni i można je oznaczać barwą lub kształtem. Jak wynika z niektórych badań (Kapuścińska, Okón) przy operacjach wymagających dużej dokładności, korzystna jest średnica gałek wynosząca ok. 60 mm.

Korby wymagają stosunkowo dużo miejsca, ale są bardzo skuteczne tam, gdzie proces obsługi wymaga wielu obrotów, wykonywanych z dużą szybkością. Promień korby powinien się zawierać w granicach od 1,25 cm do 50,0 cm (Morgan, Chapanis).

Dźwigi i lewarki - ten typ urządzeń sterowniczych umożliwia wzrokową i dotykową kontrolę ich aktualnego położenia, co ma ogromne znaczenie w niektórych rodzajach operacji. Nadają się raczej tam, gdzie potrzebne ruchy są stosunkowo krótkie. Średnica uchwytu powinna się mieścić

w granicach od 2,5 cm do 7,0 cm. Niektóre ogólne zalecenia dotyczące drążków:

- 1) drążek nie powinien się poruszać po łuku większym niż  $90^{\circ}$ ,
- 2) dla dokładnych czynności regulacyjnych ręka powinna mieć odpowiednie oparcie,
- 3) jeśli drążek zajmuje odrębne pozycje ruchem skokowym, a jego długość jest większa niż 15 cm, minimalne odstępy poszczególnych pozycji powinny wynosić 5 cm.

P e d a ł y - można ich używać gdy chodzi o stosowanie dużych nacisków, a mniej ważna jest dokładność i szybkość sterowania. Jednocześnie pedały pozwalają na odciążenie rąk przy bardziej skomplikowanych procesach obsługi. Oto przykłady niektórych ogólnych zaleceń dla konstruktorów pedałów:

- 1) pedał powinien wracać do pozycji neutralnej po zwolnieniu nacisku,
- 2) skok pedału poruszonego ruchem całej nogi powinien się mieścić w granicach od 5,0 do 10,0 cm, poruszonego tylko ruchem stopy w kostce najwyżej 5,0 cm (co odpowiada  $10^{\circ}$ - $12^{\circ}$  wychylenia stopy),
- 3) opór powinien wynosić co najmniej 1,8 kG (gdy noga nie opiera się stale), maksymalnie 4,5 kG (dla pedałów uruchamianych ruchem stopy w kostce) oraz 90 kG (dla pedałów uruchamianych całą nogą i przy rzadkich naciskach. Przy częstych naciskach najwyżej 30% tej wartości).

#### UKŁADY WSKAŹNIKÓW I URZĄDZEŃ STEROWNICZYCH W PRZESTRZENI PRACY

Niezmiernie ważnym czynnikiem jest prawidłowe rozmieszczenie i powiązanie w odpowiednie układy urządzeń sterowniczych i wskaźnikowych. Chodzi tu zarówno o układy tego rodzaju w danym urządzeniu (maszynie), jak i w całej przestrzeni pracy operatora. Problem ten jest bardzo wszechstronnie opracowany w psychologii inżynierskiej. Oto podane przykładowo ogólne zasady ustalone w wyniku dotychczasowych badań:

1. Należy dążyć do normalizacji rozmieszczenia głównych urządzeń wskaźnikowych i sterowniczych na podobnych typach maszyn. Odchylenia od tej zasady, których nie można uniknąć powinny być bardzo wyraźne - rzucające się w oczy. W ten sposób łagodzimy niebezpieczne kolizje między dawnymi nawykami operatora i nowymi wymaganiami, stawianymi przez nowy typ maszyny.

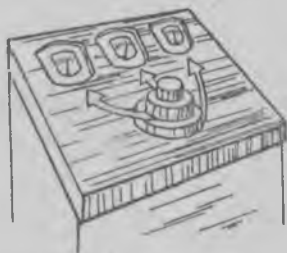
2. Urządzenia awaryjne powinny być wyraźnie oddzielone przestrzennie od innych i oznaczone specjalną barwą lub kształtem. Powinny być łatwo dostępne - najlepiej umieścić je w centrum pola widzenia operatora.

3. Urządzenia sterownicze powinny być rozmieszczone tak, by żadna z kończyn operatora nie była przeciążona.

Wysuwa się zazwyczaj trzy czynniki, które są szczególnie ważne, jeśli chodzi o problem prawidłowego rozmieszczenia urządzeń sterowniczych i wskaźnikowych w przestrzeni pracy:

- 1) doniosłość urządzeń dla procesu pracy i wynikające stąd pierwszeństwo,
- 2) grupowanie urządzeń w logiczne całości,
- 3) powiązanie sterów z odpowiednimi wskaźnikami tzn. uwzględnienie zależności funkcjonalnych, zachodzących pomiędzy wskaźnikami i odpowiednimi sterami.

Wskaźniki i urządzenia sterownicze używane najczęściej i najważniejsze dla procesu pracy powinny być umieszczane w strefach optymalnych. Dla pozycji siedzącej strefa tego rodzaju wygląda jak na rys. 12.



Rys. 12. Powiązanie sterów i wskaźników wymagające uczenia się (wg Morgana)

Zgrupowanie urządzeń może być dokonywane z dwóch głównych punktów widzenia: 1) wspólnej funkcji i 2) kolejności używania. Oznacza to, że według pierwszej zasady grupujemy wszystkie urządzenia służące, np. do obsługi kotła itp., według drugiej - wszystkie urządzenia używane w bezpośrednim następstwie.

Funkcjonalne powiązanie urządzeń sterowniczych ze wskaźnikami oznacza, że zachodzi jedna z dwóch ewentualności: określone wskazania urządzenia informującego wymagają poruszenia określonego steru lub poruszenie określonego steru wywołuje ruch określonego wskaźnika.

W ten sposób powiązane ze sobą wskaźniki i stery powinny być umieszczone możliwie blisko siebie, względnie w sposób wskazujący przejrzyście, który ster odpowiada któremu wskaźnikowi.

Materiał tego rodzaju, znajdujący się już dziś w literaturze psychologicznej jest olbrzymi i technicy mogą z niego korzystać na szeroką skalę. W ramach tej krótkiej informacji o psychologii inżynierskiej poprzestaniemy na tych nielicznych przykładach, stanowiących raczej ilustrację poszczególnych problemów. Czytelnik zainteresowany bliżej przedmiotem, musi sięgnąć do ogromnej literatury źródłowej.

### 3. PROJEKTOWANIE STANOWISK PRACY OPERATORÓW

Wyróżnia się 3 główne rodzaje stanowisk pracy typu operatorskiego:

- punkty operatorskie ulokowane na wydziałach produkcyjnych, gdzie operator może jednocześnie prowadzić bezpośrednią obserwację sterowanego procesu i gdzie ma on do czynienia z niewielką liczbą przyrządów kontrolno-pomiarowych;
- punkty dyspozytorskie z zastosowaniem urządzeń półautomatycznych; są to centralne sterownie np. w elektrowniach, w kombinatach chemicznych itp.;
- punkty operatorskie umieszczone w kabinach sterowniczych izolowanych i o niewielkiej kubaturze, z których w pewnych przypadkach możliwa jest częściowa obserwacja sterowanego obiektu, w innych zaś nie. Są to głównie kabiny samolotów, parowozów, samochodów, u dźwigów, jak również pojazdów kosmicznych.

Projektowanie jakiegokolwiek typu stanowiska pracy, w zwłaszcza stanowisk powyższego rodzaju musi być dokonane w oparciu o wyniki psychologicznej analizy pracy. Jednakże z wyników tych na pewnym etapie powinien korzystać nie tylko inżynier-konstruktor, lecz również specjalista architekt form przemysłowych. Chodzi tu o maksymalne wydobycie estetycznych wartości tkwiących w urządzeniach, z którymi będzie miał do czynienia operator. Uważa się powszechnie, że odpowiednie rozwiązanie plastyczne wnętrza (zastosowanie światła i barwy w pomieszczeniu, rozmieszczenie tablic informacyjnych oraz pulpitu, właściwy jego kształt itp.) zapewniają przede wszystkim poczucie tzw. komfortu pracy. Przypuszcza się, że dobre samopoczucie w pracy podnosi również niezawodność człowieka.

Do najczęściej stosowanych sposobów estetyzacji wnętrza należy wykorzystanie barw, głównie ze względu na taniąść takiego rozwiązania. Jednakże trzeba pamiętać, że barwa jest tylko dodatkowym, uzupełniającym środkiem upiększania pomieszczeń. Podstawową cechą barwy jest bowiem nie jej cecha chromatyczna, a jej jasność stanowiąca podstawę współczynnika kontrastu jasności. W związku z tym postuluje się, aby przed wprowadzeniem rozwiązania barwnego zaprojektować wnętrze w wariacie czarno-białym.

Ważnym etapem pracy projektanta wnętrza tego typu jest dokonanie podziału elementów wnętrza na przedmiot i tło. Podział ten jest kwestią wyboru samego plastyka-projektanta. Tak np. przedmiotem mogą być poszczególne urządzenia punktu operatorskiego, wówczas tło dla nich stanowi całość wnętrza (elementy architektoniczne i budowlane). Jeśli przedmiotem jest tablica sygnalizacyjna, jej tło stanowią pozostałe urządzenia wnętrza, jeśli

za przedmiot wybraliśmy urządzenia wskaźnikowe na tablicy, tłem jest płaszczyzna tablicy, jeśli przedmiotem jest wskazówka i cyfry przyrządu wskaźnikowego - tłem jest tarcza przyrządu itd.

Podział na przedmiot i tło można by nazwać etapem analitycznym. Po nim musi nastąpić synteza artystyczna; należy wszystkie elementy tak ze sobą powiązać, aby stanowiły one harmonijną całość. Wówczas mówimy o danym wnętrzu kabiny, czy - gdy chodzi o pomieszczenie dyspozytorskie - że ma duże walory estetyczne.

## LITERATURA

- A m o s o w N.M.: Modelirowanie myslenia i psychiki, Kijew 1965.
- A t t n e a v e F.: Applications of information theory to psychology. A summary of basic concepts, methods and results, New York 1954.
- B e e r S.: Cybernetyka i przemysł, Warszawa 1966, PWN.
- B e r t e l s o n P.: L'utilisation de la théorie de l'information en psychologie. Conférence Faite a la Societé de Statistique, Belge 1960.
- B o b n i e w a M.: K problemie nadiożności człowieka. Materiały konferencji na temat psychologii inżynieryjnej, Leningrad 1964.
- C e n d r o w s k i J.: Psychologia inżynieryjna w wojsku, cz. I, Warszawa 1971, WAP (skrypt).
- C h a p a n i s A.: Relevance of physiological and psychological criteria to man-machine systems. The present state of the art, "Ergonomics" 1970, t. 13, Nr 3.
- C h a p a n i s A.: Theory and methods for analysing errors in man-machine systems, "Annales of the New York Acad. of Sciences" 1951, t. 51 (czasopismo nieregularne).
- C h a p a n i s A., G a r n e r W.R., M o r g a n C.T.: Applied experimental psychology. Human factors in engineering design, New York 1961, J. Wiley.
- C h r i s t e n s e n J.M.: A method for the analysis of complex activities and its application to the job of the arctic aerial navigator, "Mechanic Engineering" 1949, t. 71.
- D w o r i a s z y n a M.D., G r a n o w s k a j a L.N.: Niektóre rezultaty primienienia analiza nieliniowych swiaziej w kompleksnym psychofizjologicznym issliedowaniu, [w:] Eksp. i Prikl. Psichoł. wyp. 3, Leningrad 1971, I.L.U.; Czełowiek i wycislitielnaja tiechnika (pod red. W.M. G ł u s z k o w), Kijew 1972, "Naukowa Dumka".
- E k e l J.: Teoria informacji a psychologia, [w:] Materiały do nauczania psychologii, seria I: Psychologia ogólna, t. 4, Warszawa 1970, PWN.
- F a t k i n L.B.: Obsczyje poniatija teorii informacji i ich primienienie w psichołogii i psychofizjologii, [w:] Inżeniernaja Psichołogia, Moskwa 1965, MGU.
- F a v é r g e J.M., L e p l a t J., G u i g u e t B.: Przystosowanie maszyny do człowieka, Warszawa 1963, PWN.
- F l e i s h m a n E.A., G a g n é R.M.: Psychology and human performance, New York 1959.
- F r i d m a n L.M.: Psichołogiczeskij analiz zadacz, "Nowyje issliedowanija w psichołogii i wozrastnoj fizjologii" 1971, nr 1.

- G a n z e n W.A., N a f t u l i e w A.I.: O matematycznym modelowaniu w inżyniernej psychologii, [w:] Uczonyje Zapiski Leningradzkiego Uniwersytetu Nr 3, Leningrad 1971.
- G a r b o w F.D., M a t o w a M.A., R o z e n b l a t B.S.: K charakteristykie psychicznych sostojanij czełowika w uszożnionnych uszołowijach diejatielnosti, "Woprosy Psichologii" 1971, nr 2.
- G e l l e r s z t e j n S.G.: Psichologiczeskij analiz trudowej diejatielnosti w swietie zadacz inżyniernej psichologii, [w:] Problemy inżyniernej psichologii, wyp. I, Moskwa 1968.
- G l e z e r W.G., C u k i e r m a n J.J.: Informacja i zrieniye, Moskwa-Leningrad 1961, AN RSFSR.
- G ł a z y c z e w W.L.: O dizajnie, Moskwa 1969, "Iskustwo".
- H a k e H.W., G a r n e r W.R.: The effect of presenting various numbers of discrete steps on scale resting accuracy, "J. exp. Psychol." 1951, t. 42, nr 2. Handbook of human engineering date, Medford, Mass. 1952, Tufts Colley.
- H i c k W.E.: On the rate of gain of information, "Quart. J. exp. Psychol." 1953, nr 4.
- H y m a n R.: Stimulus information as a determinant of reaction time, "J. exp. Psychol." 1953, t. 45, nr 3. Inżyniernaja psichologia za rubieżom, Moskwa 1967, "Progriess".
- I o s e l i a n i K.K.: Effektivnost' umstwiennoj diejatielnosti w zavisimosti ot jejo tiempa, "Woprosy Psichologii" 1961, nr 1.
- J a n k i e l e w i c z B.M.: Algoritmy diejstwij operatora w awarijnych situacijach, "Woprosy Psichologii" 1965, nr 6.
- K a ł m y k o w a Z.J.: Temp prodwiżeniya kak odin iz pokazatelej indywidualnych razliczij uczaszczichsja, "Doklady APN RSFSR" 1959, nr 6.
- K l e m m e r E.T.: Simple reaction time as a function of time uncertainty, "J. exp. Psychol." 1957, t. 54, nr 3.
- K l i x F., S i e b e n b r o d t J., T i m p e K.P.: Ingenieurpsychologie und Volkswirtschaft, Berlin 1966, VEB.
- K n e b e l M.J., Ł u r i a A.R.: Puti i sriedstwa kodirowanija smysła, "Woprosy Psichologii" 1971, nr 4.
- K r a f t J.A.: Status of Human factors and biotechnology in 1968-69, "Human Factors" 1970, t. 12, nr 2.
- K ü p f m ü l l e r K.: Information Verarbeitung durch Menschen, NTZ, 1959, H.2.
- L e o n a r d J.A.: Choice reaction time experiments and information theory Paper at 4-th London Symposium on Information Theory, London 1960.
- L e o n t i e w A.N., K r i n c z i k E.P.: Przetwarzanie informacji przez czełowika w sytuacji wyboru, [w:] Psychologia inżynierijna w ZSRR i USA, Warszawa 1969, Książka i Wiedza.
- Ł o m o w B.F.: Czełowiek i technika, Warszawa 1966, Książka i Wiedza.
- Ł o m o w B.F.: Inżyniernaja psichologia w SSSR, [w:] Problemy inżyniernej psichologii, Moskwa 1967, "Nauka".
- Ł o m o w B.F.: O projektowaniu diejatielnosti czełowika - operatora [w:] Fizjologia truda, Moskwa 1967, "Medicyna".



- Ż u ł o w s k a s A.S., O l s z w a n g a s I.F.: Primienije empiriczeskich matiematiczeskich formuł dla koliczestwiennoj ocenki wypożnienija testa "słożenije czisieł s pierekluczenijem", "Woprosy Psichologii" 1971, nr 1.
- M a s p f u h l B., M e t z A.: Veränderungen im Elektromyogramm bei der Beurteilung perceptiver Muster unterschiedlicher Schwierigkeit, "Zeitschrift für Psychologie" 1966, t. 177.
- M a t i u s z k i n A.M.: Osnownyje psichologičeskije modeli problemnych situacii, [w:] Osnownyje podchody k matiematiczeskomu modelirowaniju i ewrističeskomu programirowaniju, Moskwa 1968.
- M c C o r m i c k E.J.: Antropotechnika, Przystosowanie maszyn i urządzeń do człowieka, Warszawa 1964, WNT.
- M e i s t e r D., R a b i d e a u G.F.: Inżenierno-psichologičeska ja ocenka pri razrabotkie sistiem upravlienija (przekład z angielskiego), Moskwa 1970, "Sowietskoje radio".
- M i l l i e r a n E.A.: O nadiożnosti operatora w različnyh režymach raboty, "Woprosy Psichologii" 1971, nr 4.
- M i l l e r G.A.: The magical number seven plus or minus two. Some limits on our capacity for processing information, "Psychol. Rev." 1956, t. 63, nr 2.
- M . o r g a n C.T., C h a p a n i s A., i i n n i: Human engineering guide to equipment design, New York 1963, Mc Grow Hill.
- M o w b r a y G.H., R h o a d e s M.V.: On the reduction of choice reaction time with practice, "Quart. J. exp. Psychol." 1959, t. 2, nr 1.
- M u r r e l K.I.H.: Ergonomics Men in his working environment, London 1965, Chapman and Hall.
- N e r s e s j a n L.S.: O niekotorych osobiennościach psichologičeskoj struktury gotownosti operatora k ekstrienomu dziejstwiu. Materiały III Wsesojuznogo Obszczestwa Psichologow, t. 3, Kijów 1968.
- N i k i f o r o w G.S.: Problēm spolehlivosti člověka-operatora v inženerske psichologii, "Psychologie v Ekonomické Praxi" 1970, nr 4.
- O k ó Ń J., L. P a l u s z k i e w i c z: Psychologia inżynieryjna, wyd. II, Warszawa 1966, PWN.
- O s z a n i n D.A.: Psichologia i tiechnika (wstęp do wyboru prac pod takich samym tytułem), Moskwa 1965, "Proswieszczenije".
- O s z a n i n D.A.: Priedmetnoje dziejstwiye kak informacjonnyj process, "Woprosy Psichologii" 1970, nr 1.
- P a l u s z k i e w i c z L.: Badania nad wartością informacyjną wskaźników - symboli, [w:] Prace CIOP nr 59, 1968.
- P a l u s z k i e w i c z L.: Wpływ wprawy oraz czynników niwelujących wprawę na szybkość i dokładność odczytywania wskazań urządzeń sygnalizacyjnych, [w:] Prace CIOP nr 63, 1969.
- P a n o w D.J., Z i n c z e n k o W.P.: Postrojenije sistiem upravlienija i problemy inżenierno psichologii, [w:] Inżeniernaja psichologia, Moskwa 1964, "Progress".
- P o l l a c k J.: The information of elementary auditory displays, "J. acoust. of Soc. Amer." 1952, t. 24.
- P o s p i e ł o w D.A.: "Soznaniye", "Samosoznaniye" i wycisliłitielnyje maszyny, [w:] Sistiemnyje issliedowanija, Moskwa 1969.

- Psychologia inżynierska w ZSRR i USA. Wybór prac i tłumaczenie Z. Kapuścińskiej, J. Okólniaka; Warszawa 1969. Książka i Wiedza.
- Puśkin W.N.: Gotowność k ekstrimnemu diejstwiu (bditielnośť) kak raznowidnośť raboczej ustanowski, [w:] Woprosy professionalnoj prigodnosti operatiwnogo personała energosistem, Moskwa 1966, "Proswieszczenije".
- Puśkin W.N., Pospiełow D.A., Jefimow E.I.: Psichologiczeskaja teorija myszlienija i niekotoryje puti rozwitija kibernetiki, "Woprosy Psichologii" 1971, nr 2.
- Sackman H.: Experimental analysis of man-computer problem-solving, "Human Factors" 1970, t. 12, nr 2.
- Saksakum T.I.: O koliczestwennoj charakteristike poiska optimalnogo reszenija czełowiekom-operatorom, "Woprosy Psichologii" 1971, nr 2.
- Schackel B.: Man-computer interaction the contribution of the human sciences, "Ergonomics" 1969, t. 12 nr 4.
- Schrank L.P.: Aidiry the decision-maker a decision process model, "Ergonomics" 1969, t. 12, nr 4.
- Simon J., Newell A.: Human problem solving. The state of the theory in 1970, "American Psychologist" 1971, t. 26, nr 2.
- Smolian G.L.: Inżynierno-psichologiczeskije issledowanija czełowiekom-maszynnych sistem, "Woprosy Psichologii" 1971, nr 5.
- Strelau J.: Temperament i typ układu nerwowego, Warszawa 1969, PWN.
- Strizeniec M.: Prediction of parametre changes in a simulated control system: II, "Studia Psychologica" 1970, t. 12. nr 4.
- Stoff W.: Modelowanie i filozofia, Warszawa 1972, PWN.
- Thompson D.A.: Man-computer system: toward balances co operation in intellectual activities, [w:] International Symposium on Man-Machine Systems, 1969.
- Tomaszewski T.: Człowiek w systemie pracy, [w:] Ergonomia (praca zbiorowa), Warszawa 1968, Książka i Wiedza. Woprosy professionalnoj prigodnosti operatiwnogo personała energosistem, pod red. Guraewa K.M., Moskwa 1966, "Proswieszczenije".
- Zawaliszyna D.N.: Konferencja po inżyniernoj psichologii, "Woprosy Psichologii" 1971, nr 2.
- Zawałowa N.D., Łomow B.F., Ponomarienko W.A.: Princyp aktywnogo operatora i raspriedielenije funkcji mieźdu czełowiekom i awtomatom, "Woprosy Psichologii" 1971, nr 3.
- Zinczenko W.P.: Ergonomika. Princypy i riekomendaczi, wyp. I, Moskwa 1970, WNIITE.
- Zinczenko P.L., Zinczenko W.P.: Issledowanije pamiaty w swiazi s zadaczami inżyniernoj psichologii, [w:] Problemy inżyniernoj psichologii, Leningrad 1965.



z 225829