

ZOFIA RATAJCZAK

**Niezawodność  
człowieka w pracy**

ZOFIA RATAJCZAK

# ***Niezawodność człowieka w pracy***

Studium psychologiczne

# Spis treści

|  |     |
|--|-----|
| Wstęp . . . . .  | 8   |
| 1. Geneza problemu . . . . .   | 11  |
| 1.1. Pojęcie niezawodności . . . . .   | 15  |
| 2. Pojęcie błędu i klasyfikacja błędów a tworzenie miar niezawodności człowieka . . . . .                | 19  |
| 2.1. Psychologiczne mechanizmy powstawania błędów . . . . .  | 30  |
| 3. Wiedza o zakresie psychicznych możliwości człowieka jako podsta-<br>wa przewidywania błędów . . . . . | 40  |
| 3.1. Względnie stałe charakterystyki człowieka (cechy) . . . . .   | 42  |
| 3.2. Stany człowieka a jego niezawodność . . . . .   | 50  |
| 4. Środowisko i sytuacja człowieka a błędy w pracy . . . . .   | 67  |
| 4.1. Sytuacje zagrożenia (awaryjne) . . . . .  | 71  |
| 4.2. Sytuacje deficytu informacji . . . . .  | 73  |
| 4.3. Sytuacje deficytu czasu (stres czasu) . . . . .   | 74  |
| 5. Czynności człowieka i ich mechanizmy regulacyjne . . . . .  | 77  |
| 5.1. Charakterystyka pracy operatora . . . . .   | 78  |
| 5.2. Psychiczna regulacja czynności typu operatorskiego . . . . .  | 82  |
| 5.3. Problem odpowiedniości wymagań stawianych człowieko-<br>wi do zakresu jego możliwości . . . . .     | 97  |
| 5.4. Model psychicznej regulacji niezawodnego działania czło-<br>wieka . . . . .                         | 99  |
| 5.5. Diagnoza niezawodności działania człowieka - problemy<br>metodologiczne . . . . .                   | 103 |
| 6. Zastosowanie w praktyce wiedzy o niezawodności człowieka . . . . .                                    | 115 |
| 6.1. Dobór pracowników na trudne i niebezpieczne stanowiska<br>pracy . . . . .                           | 116 |
| 6.2. Trening niezawodności . . . . .   | 117 |
| 6.3. Projektowanie techniki z uwzględnieniem wiedzy o zakre-<br>sie możliwości człowieka . . . . .       | 120 |
| 7. Niezawodność człowieka w świetle psychologicznej teorii regulacji.<br>Próba syntezy . . . . .         | 129 |
| 7.1. Zawodność a niezawodność . . . . .  | 130 |
| 7.2. Niezawodność w ujęciu systemowym . . . . .  | 132 |
| 7.3. Psychologiczna koncepcja regulacji sytuacji trudnych . . . . .                                      | 136 |
| 8. Perspektywy dalszych badań . . . . .  | 147 |
| Bibliografia . . . . .   | 150 |

***Profesorowi Tadeuszowi Tomaszewskiemu***

Państwowe Wydawnictwo Naukowe  
Warszawa 1988

Okładkę projektowała  
Ewa Gierach - Radziwonowicz

Redaktor  
Ewa Szczepańska

Redaktor techniczny  
Marianna Wachowicz

Korektorzy  
Elżbieta Bandel, Bożena Osada

Tytuł dotowany przez  
Ministra Edukacji Narodowej

© Copyright by  
Państwowe Wydawnictwo Naukowe  
Warszawa 1988

ISBN 83-01-07878-2

**Państwowe Wydawnictwo Naukowe**

**Wydanie pierwsze. Nakład 1800+200 egzemplarzy**  
**Arkuszy wydawniczych 15. Arkuszy drukarskich 19,25.**  
**Papier druk. sat. kl. V 70 g. 82X 104 cm**  
**Oddano do składania w maju 1987 roku.**  
**Podpisano do druku w sierpniu 1988 roku.**  
**Druk ukończono we wrześniu 1988 roku.**  
**Zamówienie nr S/334/88.Z-8/572. Cena zł 480,-**

**Skład wykonały Zakłady Graficzne RSW, Bydgoszcz, druk i oprawę Zakład Graficzny Politechniki Poznańskiej, Poznań**

Plik przygotowany na podstawie wydania oryginalnego. Numeracja stron i przypisów może być zmieniona w stosunku do oryginału. W przypadku odwołań i cytowań, prosimy o korzystanie z numeracji wydania oryginalnego.

Wszystkie prawa zastrzeżone. Swoboda użytkownika ograniczona do ustawowego zakresu dozwolonego użytku

Język: polski

# WSTĘP

Celem pracy jest przedstawienie pewnego zasobu wiedzy, głównie z zakresu psychologii, dotyczącego jednej z najbardziej ogólnych, a jednocześnie ważnych z praktycznego punktu widzenia, charakterystyk działania człowieka, a mianowicie niezawodności.

Jak wynika z licznych publikacji naukowych, z dyskusji na konferencjach i w „szkołach” poświęconych problemom niezawodności w technice, niezawodność człowieka jest uważana za istotny czynnik niezawodności układów technicznych. Jednocześnie pytania kierowane do przedstawicieli nauk o człowieku, a zwłaszcza do psychologów, jak szacować niezawodność tego najbardziej złożonego ogniwa układu człowiek-obiekt techniczny, praktycznie pozostają bez odpowiedzi. Jeżeli zaś odpowiedzi te padają, to są mgliste, mało konkretne, obwarowane licznymi zastrzeżeniami. Po dyskusjach tego rodzaju pozostaje pewien niedosyt, zażenowanie i wątpliwości co do możliwości porozumienia się. Brak danych o człowieku, które można by wstawić do równania opisującego niezawodność układu człowiek-obiekt techniczny, które pozwoliłyby przewidywać co się stanie z człowiekiem w kategoriach prawdopodobieństwa pojawiania się błędu, usterki, przestoju, awarii itp., może istotnie zniechęcać przedstawicieli nauk technicznych do współpracy i dialogu z psychologami. Jednakże, dopóki problemy te nie zostały rozwiązane, dialog taki jest konieczny, a chwilowe niepowodzenia w porozumiewaniu się mogą się stać intelektualną podniętą do tworzenia wspólnego języka, a w przyszłości do tworzenia koncepcji nadrzędnych wobec tych, które traktują niezawodność człowieka i niezawodność obiektu technicznego jako dwa odrębne, niezależne od siebie zagadnienia.

Niniejsza praca nie uosabia ambicji wykazania, że psychologia jest obecnie w stanie precyzyjnie odpowiedzieć na pytania dotyczące niezawodnego działania człowieka współdziałającego z obiektem technicznym. Chodzi w niej o to, aby pokazać, jak dalece potrzebna jest ostrożność przy stosowaniu pojęć i koncepcji psychologicznych wyjaśniających zachowanie się człowieka z punktu widzenia niezawodności. Przede wszystkim chodzi nie o zacieranie różnic między treścią pojęć odnoszących się do techniki i do człowieka, lecz o wykazywanie drastycznych nieraz różnic, analogii nieuprawnionych i pozbawionych sensu. Należy wyraźnie podkreślić, że przenoszenie pojęć z zakresu technicznej teorii niezawodności na teren zarezerwowany dla psychologicznych analiz zachowania się człowieka w większości wypadków ma jedynie wartość heurystyczną, jak wszelka analogia w rozwoju nauki.

Tak więc książka ta, choć w intencjach liczy się z oczekiwaniami przedstawicieli techniki, nie jest wprost do nich zaadresowana. Jest raczej zachętą do studiowania wybranych zagadnień psychologicznych, tak jak są one ujmowane przez tę dyscyplinę w związku z analizą niezawodnego działania człowieka<sup>1</sup>.

Psychologia jako nauka o najbardziej złożonym układzie, jakim jest psychika człowieka i jego zachowanie się, nie oferuje prawd pewnych, tez do końca i raz na zawsze udowodnionych. Każda nowa „szkoła” psychologiczna wnosząc nowe pojęcia i konstrukty teoretyczne nie tylko uściśla dawną wiedzę, lecz także często obala ustalone prawa i prawidłowości. Towarzyszą temu gwałtowne spory i dyskusje metodologiczne o znaczeniu wykraczającym niekiedy poza obręb samej dyscypliny, sięgające do obszarów metodologii nauki, poznania naukowego, filozofii, a nawet szeroko rozumianej sfery kultury. W książce tej nie będzie mowy o tym, a jednak warto wspomnieć choćby słowem o statusie poznawczym i metodologicznym psychologii, aby przy pojawianiu się wątpliwości dotyczących sposobu wyjaśniania

---

<sup>1</sup> Ważność zagadnień związanych z niezawodnością człowieka przy rozwiązywaniu zagadnień technicznych uświadomiła mi Prof. dr hab. Krystyna Ważyńska - Fiok z Politechniki Warszawskiej, zachęcając mnie również do współpracy z przedstawicielami nauk technicznych.



błędów człowieka zdawać sobie sprawę z błędów popełnianych przez samą dyscyplinę, charakteryzowanych przez teorię rzetelności pomiaru psychologicznego.

Być może to podkreślanie słabych stron, wyrażających się w małej trafności teorii psychologicznych czy niskim współczynnikiem rzetelności pomiarów, wzbudzi niechęć lub nawet swego rodzaju rozczarowanie w stosunku do wywodów i danych empirycznych prezentowanych w tej książce. Rozczarowanie to może jednak mieć swój dobroczynny wpływ na formowanie się dalszej współpracy tak odmiennych dyscyplin, jakimi są nauki o człowieku, w tym psychologia, i nauki techniczne.

Godna zalecenia jest więc dyrektywa, że należy czynić analogie między działaniem człowieka i działaniem obiektów technicznych tylko wówczas, gdy ma to sens, a rezygnować wówczas, gdy porównania i analogie prowadzą do upraszczających redukcji w analizie zachowania się człowieka. Takie redukcjonistyczne zabiegi byłyby poważnym uchybieniem metodologicznym, polegającym na tym, że złożony przedmiot analizy, jakim jest psychika człowieka i jego zachowanie się, byłby poddawany manipulacjom za pomocą metod nieadekwatnych do jego natury.

Treść niniejszej książki sprowadza się do siedmiu zagadnień. W rozdziale pierwszym omówiono zagadnienie zasadności tworzenia wspólnej płaszczyzny analizy zachowania się człowieka i „zachowania się” obiektów technicznych pozostających we wspólnym układzie. Zasadniczego znaczenia nabiera więc terminologia oraz tzw. aparatura pojęciowa.

Rozdział drugi jest poświęcony definicji i klasyfikacji błędów człowieka będących podstawą diagnozy i tworzenia miar niezawodności człowieka.

Rozdział trzeci jest poświęcony analizie możliwości i ograniczeń człowieka, które są rozpatrywane w kategoriach charakterystyk względnie stałych (cech) oraz w kategoriach charakterystyk zmiennych (stanów). Cechy te mogą mieć charakter wrodzony, jak temperament, oraz nabyty, jak nawyki i przyzwyczajenia oraz rutyna. Jeśli chodzi o stany człowieka w aspekcie analizy niezawodności działania, to mowa jest o stanach zmęczenia i monotonii, stanach napięcia emocjonalnego, zwanego stresem, oraz o stanie tzw. nastawienia, które na skali stałość-zmienność człowieka zajmuje miejsce pośrednie.

Rozdział czwarty jest poświęcony wymaganiom, jakie stawia człowiekowi środowisko, najczęściej środowisko pracy, oraz chwilowe sytuacje, w jakich może się on znaleźć. Omówiono tu głównie sytuacje trudne, takie jak: zagrożenia wywołane awariami urządzeń technicznych, sytuacje deprywacji sensorycznej lub nadmiernego obciążenia informacjami, wreszcie sytuacje deficytu czasu, wywołujące charakterystyczny stan napięcia, zwanego stresem czasu.

Rozdział piąty traktuje nie tyle o warunkach działania człowieka (jego własne cechy jako podmiotu działania oraz cechy środowiska i sytuacji), ile o samym działaniu. Przebieg czynności wykonywanych w konkretnych warunkach pracy oraz ich psychiczna regulacja to w istocie próba wnikięcia w mechanizm powstawania błędu. Krótko mówiąc, przyczyną błędu działania człowieka jest błąd, jaki zachodzi w procesie regulacji psychicznej tego działania. Mechanizm ten nie jest jeszcze w pełni wyjaśniony, ale przedstawione są tu przynajmniej próby jego wyjaśnienia. Próby takie są czynione przy okazji analizy pracy typu operatorskiego; ich wyniki wzbogacają jednak ogólną teorię regulacji psychicznej wszelkiego działania.

Rozdział szósty zawiera informacje dotyczące możliwości praktycznego wykorzystania wiedzy o niezawodności człowieka. Choć jest to wiedza skromna i niezbyt pewna, istnieje szereg możliwości zmniejszania liczby błędów, potknięć i uchybień człowieka w pracy. Są to klasyczne już sposoby odpowiedniego doboru pracowników oraz ich szkolenie w zakresie wymaganych sprawności. Natomiast mniej są wykorzystywane techniki treningu motywacji do zachowań ostrożnych, a jeszcze w mniejszym stopniu dokonywany jest prawidłowy podział funkcji między człowiekiem a maszyną w fazie projektowania układów człowiek-maszyna.

Rozdział siódmy zawiera syntezę całości pracy; dotyczy niezawodności człowieka w relacji do jego zawodności z punktu widzenia psychologicznej teorii regulacji.

W rozdziale ósmym mówi się o tym, co można byłoby badać w przyszłości i co badać warto ze względu na luki w wiedzy i niedopowiedzenia oraz jakie warunki muszą być spełnione, aby wiedza ta stała się bardziej użyteczna w praktyce.

Sumując uwagi wstępne, chciałabym podkreślić, że choć nie istnieje obecnie psychologiczna teoria niezawodności człowieka, to istnieją zręby wiedzy do takiej teorii prowadzące. Przy tworzeniu tej teorii należy przede wszystkim scalić istniejącą wiedzę psychologiczną o działaniu człowieka w sytuacjach trudnych, ekstremalnych, stawiających mu wysokie wymagania. Nie należy jednak lekceważyć wiedzy matematyków, techników, biologów, szczególnie zaś prakseologów, najbliższych psychologii, a zwłaszcza psychologii pracy.

Jeżeli w niniejszej pracy udało się wskazać pewne możliwości integracji współczesnej wiedzy o niezawodnym działaniu obiektów technicznych oraz o niezawodnym działaniu człowieka, to można uznać, że cel został spełniony.

Ceną, jaką płaci autor za podjęcie ryzykownego przedsięwzięcia (ryzyko w tym przypadku polega na próbie wyjaśnienia problemów kontrowersyjnych, nieostro sformułowanych, często wątpliwych), jest wystawienie się na zarzuty ze wszystkich stron. Ze strony kolegów reprezentujących nauki psychologiczne na zarzut spływania problematyki psychologicznej, uproszczeń w stawianiu problemów, nieuprawnionych analogii itp. Ze strony przedstawicieli techniki i innych dyscyplin na brak ścisłości wywodów, brak danych pozwalających budować współczynniki i równania, metaforyczny styl rozważań itp.

Zdając sobie sprawę z możliwości takich zarzutów oraz z trudności niniejszego przedsięwzięcia, chcę wyrazić nadzieję, że przyczyni się ono do wzbudzenia refleksji nad sprawami znanymi z potocznych obserwacji, takimi jak błędy, potknięcia i uchybienia, które w szczególnych okolicznościach prowadzą do groźnych następstw, katastrof, awarii, urazów, śmierci i kalectwa ogromnej nieraz liczby ludzi. Refleksja ta powinna zachęcić do wysiłku, aby te zdarzenia zrozumieć i w miarę możliwości eliminować. Jeśli przy tej okazji uda się także zachęcić do rozważań nad ogólnymi prawidłowościami rządzącymi zachowaniem się człowieka w pracy, będzie to dodatkową satysfakcją dla autora pracy.

W monografii tej nie ma oddzielnej części teoretycznej i oddzielnej części empirycznej. Jest to zarys psychologicznej problematyki niezawodności, czy też studium psychologiczne -jak kto woli - zawierające zarówno wiedzę teoretyczną jak i wyniki badań empirycznych. Znajdują się tu wyniki badań różnych autorów oraz badania własne lub wykonane pod kierunkiem autora tej pracy. Także w tym sensie jest to próba syntezy materiału psychologicznego dotyczącego niezawodności człowieka.

# 1. GENEZA PROBLEMU

Problematyka psychologiczna niezawodności wyrasta nie z teorii psychologicznej, lecz z pytań kierowanych przez praktykę pozapsychologiczną. Tragiczne nieraz konsekwencje ludzkich błędów zmuszają do stawiania pytań psychologom, jakie są przyczyny błędów, jak je opisywać oraz jak im zapobiegać. Te i inne pytania prowadzą z kolei do stawiania problemów ściśle psychologicznych, których rozwiązanie w dużym stopniu zależy od tego, czy istniejące teorie psychologiczne dysponują odpowiednim zasobem pojęć i twierdzeń wyjaśniających zachowanie się człowieka w różnorodnych sytuacjach pracy i życia.

Współczesna psychologia dysponuje wprawdzie teoriami o dużym stopniu ogólności, np. teoria czynności T. Tomaszewskiego w rodzimej psychologii czy interakcyjna teoria sytuacji opracowana i propagowana przez psychologów skandynawskich (D. Magnusson, N.S. Endler 1977), ale nie dysponuje wystarczająco bogatym materiałem empirycznym potwierdzającym w całej rozciągłości tezy tych teorii. Istnienie teorii o dużym stopniu ogólności jest korzystne, ponieważ inspiruje badania, umożliwia twórczą interpretację wyników, rzuca światło na już istniejący dorobek w wielu dziedzinach szczegółowych. Jednocześnie teorie ogólne nie są w stanie dopomóc badaczom w poszukiwaniu szczegółowych wskaźników zjawisk i procesów.

Refleksja ta wiąże się ze znanym w nauce problemem dotyczącym indukcyjnych i dedukcyjnych metod poznania naukowego. W tym miejscu ma ona sens, gdyż w odniesieniu do przedmiotu podjętej analizy, jaką jest niezawodność działania człowieka, idzie o poszukiwanie empirycznych, obserwowalnych wskaźników cechy, która sama jest konstruktem teoretycznym, przy czym konstrukt ten nie jest pojęciem z zakresu psychologii. Chodzi więc o znalezienie pomostu między faktami ustalonymi empirycznie (obserwacja zachowań) a wyjaśnieniami tych zachowań za pomocą pojęć teoretycznych, w sytuacji, gdy sam przedmiot badań jest konstruktem (niezawodność).

O trudnościach metodologicznych w dziedzinie badań nad niezawodnością człowieka będzie mowa w wielu miejscach tej pracy, przy okazji referowania badań nad błędami, a także przy analizie wskaźników niezawodności. Warto wspomnieć, że niezależnie od tego jaką, o jakim stopniu ogólności, teorię psychologiczną zastosujemy w odniesieniu do niezawodności człowieka, będziemy mogli korzystać również z teorii o mniejszym stopniu ogólności, odnoszących się nie do zachowania się człowieka w ogóle i jego pracy, lecz do zachowań, które kwalifikują się jako błędy, potknięcia i uchybienia. Takimi specyficznymi teoriami są: teoria skłonności do wypadków oraz teoria błędów. U podstaw obu tych teorii znajduje się statystyczna analiza zdarzeń, a podstawowym pojęciem tej analizy jest prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń (urazów - w przypadku skłonności do wypadków oraz błędów - w przypadku teorii błędów).

Psychologiczna teoria niezawodności wywodzi się wprost z tych dwu nurtów badań. Wcześniejszego, dotyczącego skłonności do wypadków (K. Marbe 1923) oraz późniejszego (R.D. Davis 1949, K.J.W. Craik 1947, P.M. Fitts, R.E. Jones 1947 oraz A. Chapanis 1949), dotyczącego analizy błędów i ich przyczyn jako funkcji złej konstrukcji maszyn i urządzeń.

Koncepcja stałej w czasie i ogólnej skłonności do wypadków powstała w wyniku badań prowadzonych przez K. Marbego (1923). Prowadząc badania dla jednego z towarzystw ubezpieczeniowych ustalił on liczebność wypadków dla 3000 osób ubezpieczonych w dwu kolejno następujących po sobie pięcioletnich okresach. Następnie wszystkie osoby badane w pierwszym pięcioleciu podzielił na trzy kategorie: tych, którzy nie mieli wypadku, tych, którzy mieli jeden wypadek i tych, którzy mieli wiele wypadków (wielokrotni wypadkowicze). Na podstawie danych z drugiego pięcioletniego okresu dotyczących tych samych osób obliczył dla trzech przedstawionych wyżej kategorii przeciętną liczbę wypadków na osobę (wskaźnik

wypadkowości). Okazało się, że osoby, które w pierwszym okresie miały stosunkowo dużo wypadków, również w drugim okresie miały wskaźnik wypadkowości wyższy od przeciętnego, a osoby, które miały mało wypadków w pierwszym okresie, również w drugim miały ich mało. Zależność tę najłatwiej było wytłumaczyć przyjmując istnienie jakiejś *skłonności* do wypadków jako cechy występującej u różnych osób w różnym stopniu.

Teza ta nigdy nie została w pełni potwierdzona ani też w pełni obalona. Do dziś ma zwolenników i przeciwników. Jednakże pragnienie jej udowodnienia przyczyniło się do zgromadzenia dużej liczby danych statystycznych, które mogą być użyteczne przy analizie niezawodności człowieka.

Drugi nurt badań nad popełnianiem błędów w ogromnej mierze dotyczy błędów popełnianych przez pilotów, których skutkiem były katastrofy lotnicze pod koniec i po zakończeniu drugiej wojny światowej. O wynikach tych badań będzie mowa głównie w rozdziałach dotyczących genezy i klasyfikacji błędów. Tu warto tylko wspomnieć o znaczeniu, jakie miały wyniki badań P.M. Fittsa i R.E. Jonesa z roku 1947. Badacze ci wzięli pod uwagę 227 błędnych czynności pilotów, którzy reagowali za pomocą sterów w kabinie samolotu na pojawiające się na tablicach sygnalizacyjnych bodźce i sygnały. W badaniach uczestniczyło 270 pilotów. Badacze przyjęli założenie, że wiele błędnych ruchów pilotów jest spowodowanych cechami konstrukcyjnymi urządzeń wskaźnikowych. Założenie to zostało w wyniku badań potwierdzone. Od pilotów zbierano dane o błędach, które sami popełnili, oraz o błędach, które dostrzegli u swoich kolegów. W wyniku przeprowadzonych wywiadów okazało się, że błędy można zaklasyfikować do 9 kategorii:

1. Błędna interpretacja sygnałów wizualnych (18%), zwłaszcza błędne integrowanie sygnałów i ich przetwarzanie, spowodowane umieszczeniem 1 lub 2 wskaźników w okienku, w którym znajdował się ruchomy licznik.
2. Błędna interpretacja pomiaru na wskaźniku, tzw. odwrócone wskazanie. Odwrócona interpretacja prowadzi do tego, że w dalszym procesie pilotażu pilot poprawia lub pogarsza warunki lotu (17% błędów).
3. Błędna interpretacja sygnałów wzrokowych i słuchowych (14%).
4. Błędne ruchy wynikające ze złego odczytania wskaźnika (14%).
5. Błędna identyfikacja informacji, tj. wzięcie jednej informacji za inną (13%).
6. Użycie urządzenia, które jest niesprawne (9%).
7. Błędna interpretacja wartości na skalach (6%); głównie błąd paralaksy i interpolacji.
8. Błędy związane z iluzjami (5%), powstałe na skutek konfliktu między informacjami bezpośrednio otrzymywanymi (propriocepcja) a informacjami uzyskiwanymi ze wskaźników.
9. Błędy zapominania (4%).

P.M. Fitts (1962) zaproponował sposoby identyfikowania poszczególnych kategorii błędów i ich źródeł, oczywiście w odniesieniu do pracy pilotów. Ostatecznie wszystkie błędy podzielił na 4 kategorie:

1. Błędy jakościowe, zdarzające się sporadycznie.
2. Błędy ilościowe (o różnej liczebności występowania).
3. Błędy polegające na zatrzymaniu się pracy układu człowiek-maszyna (*delays of system*).
4. Błędy sekwencyjne, które polegają na nieprawidłowej lub nieoptymalnej kolejności wykonywania operacji ręcznych.

Te dwa w zasadzie odmienne nurty badań, w których inaczej są traktowane przyczyny niepożądanych zdarzeń (tj. skłonność do wypadków jako cecha człowieka i nieprawidłowa konstrukcja urządzeń technicznych jako cecha otoczenia) zostały połączone w momencie, gdy uznano, że żaden z tych nurtów nie prowadzi do definitywnych rozstrzygnięć. Wówczas przedmiotem analizy postanowiono uczynić układ człowiek-obiekt techniczny jako całość. Uznano, że błędy człowieka i maszyny wymagają wspólnej płaszczyzny analizy. Płaszczyznę taką stworzyli A. Chapanis (1949), D.T. Campbell (1958), K.J.W. Craik (1947), K.L. Leontiew, A.J. Lerner i D.A. Oszanin (1961) oraz W.D. Niebylicyn (1969).

Zmiana w podejściu do analizy przyczyn błędów człowieka polegała na tym, że rozpatrywano je nie jako przyczyny urazów lub skutki nieprawidłowej konstrukcji urządzeń technicznych, lecz jako, z jednej strony, przyczyny, z drugiej zaś, skutki dysfunkcji układu człowiek-obiekt techniczny. Zmiana perspektywy badawczej polegała także na tym, że zamiast pojedynczych błędów zaczęto analizować całe ich łańcuchy na tle cyklu czynności. Uważa się, że w tym właśnie momencie problematyka błędów (lub skutków i przyczyn) przeobraziła się w problematykę niezawodności (Z. Bureš 1979).

Za główny sposób zwiększania niezawodności uznano doskonalenie konstrukcyjnych cech maszyn i urządzeń, mniej uwagi poświęcano analizowaniu zachowania się człowieka jako źródła jego błędów. Przez pewien czas dominowało tzw. podejście ergonomiczne, znane pod nazwą ergonomii sygnałów i przycisków. Analiza psychologiczna w najlepszym przypadku sprowadza się tu do stwierdzenia, że wymagania pracy przekroczyły możliwości człowieka, przy czym możliwości są tu rozumiane jako zdolność do odbioru bodźców (sensoryczne), do wykonywania prostych ruchów (motoryczne) oraz do reagowania w odpowiedzi na pojawiające się sygnały (psychomotoryczne).

Jak wiadomo, najwięcej badań dotyczyło czytelności urządzeń wskaźnikowych, głównie wychyłowych, ale także sygnałów świetlnych pojawiających się na ekranach lamp oscyloskopowych, konstrukcji sterów i dokładności ruchów sterowniczych, w tym tzw. docelowych (S.S. Culbert 1960, W.F. Grether 1948, 1949, A. Chapanis, M. Leyzorek 1950 oraz P.M. Fitts 1959). Rzadziej zajmowano się zdolnością człowieka do odbioru zróżnicowanej informacji, jej przetwarzania i modyfikowania. Wymagało to powrotu do tradycyjnych w psychologii ogólnej i eksperymentalnej badań nad pamięcią, uwagą, spostrzeganiem za pomocą narządów zmysłów oraz ich współdziałaniem w procesie spostrzegania. Badania takie prowadzili: A. Ford (1949), R. Conrad (1954), W. Zinczenko, M. Majzel, A. Nazarov, A. Cwietkow (1969) oraz wielu innych psychologów radzieckich.

W tym też czasie pojawiła się techniczna teoria niezawodności. Pierwsza wypowiedź na temat teorii niezawodności pochodzi, zdaniem A. Kilińskiego (1971), z książki R.E. Barlowa, F. Proschana i L.C. Huntera (1965). A. Kiliński pisze o tym w następujący sposób: „O ile w oryginalnym piśmiennictwie radzieckim niezawodność określa się jako własność, cechę lub zdolność (*kaczeztwo, swojstwo, sowokupnost'*), to w piśmiennictwie angielskim, ściślej mówiąc - amerykańskim, niezawodność jest definiowana najczęściej jako prawdopodobieństwo zachowania określonych własności w ciągu określonego czasu”<sup>2</sup>. Ponadto istnieją następujące bliskoznaczne terminy w języku angielskim: *characteristic of a system, capability of a system; availability, probability of survival, mean time to failure duration of long downtimes*, czasem także *effectivity* lub *effectiveness*. Ta mnogość terminów nie ułatwia wzajemnego rozumienia się i precyzowania problemów związanych z pomiarem niezawodności. W każdym z tych terminów zawarta jest jednak intuicja mówiąca, że w każdym przypadku analizy obiektu chodzi o jego zdolność do spełniania wymagań i jakby *implicite* zawarta jest informacja o tym, jakiego rodzaju są to wymagania (przetrwania w nie zmienionej postaci, utrzymania funkcji na wymaganym poziomie, spełnienia czegoś w ściśle określonym czasie itp.).

---

<sup>2</sup> A. Kiliński 1971, s. 5.

A. Kiliński we wspomnianym przeglądowym artykule zwraca jednocześnie uwagę na fakt wzrostu znaczenia niezawodności we wszystkich dziedzinach współczesnego życia. „Pochodzi to stąd, że rzeczy i procesy w naszym życiu są coraz bardziej złożone, a ponadto coraz bardziej zmieniają się. Wszystko co nas otacza jest chronicznie nowe. W tej sytuacji nasze działania i nasze instrumenty, my sami, jesteśmy chronicznie niedopracowani, niewydoskonaleni, niezrutynizowani, niedotarci”<sup>3</sup>.

Można dyskutować z tym poglądem w odniesieniu do ludzi. Być może, niezawodność ludzi kształtuje się inaczej i inaczej rozkłada w populacji. Być może, na narastającą złożoność otoczenia człowiek odpowiada wzrostem niezawodności w pewnych sytuacjach, w innych zaś jej spadkiem. Odpowiedź na to pytanie wymaga badań w konkretnych sytuacjach pracy i życia człowieka jako działającego podmiotu.

Geneza badań nad niezawodnością człowieka tkwi w obserwacji faktów drastycznej jego zawodności lub zawodności układów, w których człowiek jest jednym z ważnych ogniw. Twórcy złożonych układów sterowania oraz psychologowie uświadomili sobie w pewnym momencie, że obliczając niezawodność układu technicznego nie można pomijać niezawodności człowieka, tzn. właściwości jego zachowania się, jego możliwości i ograniczeń, cech, które stawiają go znacznie wyżej od maszyny, i cech, pod względem których nie dorównuje on maszynie.

Możliwości badań nad niezawodnością człowieka, z jednej strony, są uwarunkowane tradycją ukształtowaną w trakcie badań nad błędami jako przyczynami urazów oraz błędami jako skutkami nieprawidłowej konstrukcji obiektów technicznych, z którymi człowiek ma do czynienia, z drugiej zaś - postępem w dziedzinie badań psychologicznych.

Obecny stan wiedzy w zakresie teorii niezawodności, w której wiedza o niezawodności człowieka odgrywa określoną (mniejszą lub większą) rolę, można scharakteryzować w następujący sposób:

1. Metodologiczne, logiczno - matematyczne, statystyczne oraz techniczne problemy niezawodności, rozwiązywane za pomocą metod właściwych tym dyscyplinom. Warunkiem współpracy psychologów z przedstawicielami tych nauk jest biegła znajomość aparatu matematycznego i wiedza techniczna.
2. Problem współzależności człowieka i obiektu technicznego we wspólnym układzie, gdzie na czoło wysuwa się problem podziału funkcji między człowieka i maszynę. Tu związek psychologii i techniki jest wyraźniejszy, a współpraca przedstawicieli obu nauk wydaje się konieczna. Problematyką niezawodności człowieka staje się integralną częścią ogólnej teorii niezawodności systemów.
3. Problematyka niezawodności człowieka rozwiązywana na zasadzie poszukiwania analogii funkcji człowieka do funkcji maszyny. Charakterystyczne są tu próby przenoszenia pojęć, definicji i wskaźników z techniki do psychologii przez nadawanie im treści psychologicznej. W porównaniach tych chodzi głównie o wykrycie różnic i podobieństw takich cech, jak stałość/zmienność. Oczywiście, bez udziału psychologii zagadnienia tego nie da się rozwiązać.
4. Problem czysto psychologicznych uwarunkowań niezawodności człowieka. Mamy tu do czynienia z typowymi dla psychologii zagadnieniami psychicznej regulacji zachowania się człowieka, kwestią rzetelności pomiaru psychologicznego, różnicami indywidualnymi, zmiennością/stałością funkcji psychicznych, motywacją do zachowań ostrożnych lub niebezpiecznych itp.

Podjęwając się badań psychologicznych w którymkolwiek z czterech wymienionych wyżej kontekstów należy ustalić, jak będziemy rozumieli rolę człowieka, a ściślej, jaką koncepcję psychologiczną człowieka przyjmujemy. Chodzi nie tylko

---

<sup>3</sup> Ibid., s. 7.

o kontekst teoretyczny, tj. np. o koncepcję poznawczą, psychologię głębi, behawioryzm, choć o to także chodzi. Człowieka można traktować w bardzo różny sposób: jako przedstawiciela gatunku, gdy chcemy stwierdzić czy jego funkcjonowanie jest zgodne z normą, czy też od niej odbiega. Możemy zapytać, jaki jest średni wzrost lub średni poziom inteligencji przeciętnego człowieka, przeciętnego Polaka, przeciętnego Amerykanina itp. Tak właśnie traktuje wiedzę o człowieku ergonomia, gdy celem jest przystosowanie do ludzi urządzeń i maszyn produkowanych masowo. Można też traktować człowieka jako indywidualność z jej tylko właściwą kompozycją cech, wówczas określenie niezawodności będzie wymagało określenia tych unikalnych cech tego człowieka. Możemy rozpatrywać człowieka jako istotę z natury aktywną, której aktywność jest podporządkowana jednemu celowi, wówczas określenie niezawodności będzie wymagało opisu, tego celu oraz całokształtu prowadzącej doń aktywności. Analiza będzie wówczas dotyczyć raczej cech czynności i ich rodzajów bez względu na charakter cech człowieka. Wreszcie człowieka można traktować jako indywidualny podmiot wybranej i ściśle określonej aktywności, wówczas musi być uwzględniany i cel, i sposób dochodzenia do celu oraz indywidualne i niepowtarzalne właściwości człowieka.

Warto pamiętać o tych czterech koncepcjach człowieka przy analizie jego niezawodności. Nie są one wymieniane *explicite*, trzeba się raczej domyślać, jaką koncepcję człowieka ma dany badacz na myśli, gdy analizuje jego niezawodność.

## 1.1. Pojęcie niezawodności

W języku potocznym stosunkowo rzadko używa się pojęcia niezawodność. Dzieje się tak dlatego, że istnieje wiele synonimów tego pojęcia lub wyrazów bliskoznacznych. Najbliższe znaczeniowo jest pojęcie pewność. Niezawodność danego obiektu to tyle co pewność, że spełni on określone oczekiwania. Ponieważ treścią tej pracy jest głównie psychologiczna analiza niezawodności, tzn. cecha ta jest analizowana w odniesieniu do człowieka, należy się zastanowić, jakie są różnice i podobieństwa niezawodności człowieka i niezawodności innych obiektów.

Cechą wspólną obu definicji jest konieczność określenia wymagań (oczekiwań). I tu w zasadzie kończy się podobieństwo. Wymagania stawiane człowiekowi mogą być wyrażane *explicite*, w formie werbalnej, a czasami w formie niewerbalnej, adresowane przez nadawcę wprost lub przez kontekst sytuacyjny, ale zawsze świadomie przyjmowane przez człowieka. Wymagania stawiane innym obiektom są im arbitralnie przypisywane, a orzekanie o tym, czy wymagania te będą lub mogą być spełnione odbywa się na podstawie wiedzy empirycznej o zachodzeniu lub niezachodzeniu przewidywanych zjawisk. Wymagania stawiane obiektom przez inne obiekty są rekonstruowane także na podstawie wiedzy dotyczącej obiektów ich współdziałania (np. określenie czy poszczególne części maszyny są do siebie dopasowane, wymaga sprawdzenia; czy jako całość są w stanie osiągnąć postawiony cel). Świadomość człowieka decyduje o jego podmiotowości. Człowiek nie tylko spełnia wymagania, lecz także zdaje sobie z tego sprawę, świadomie je spełnia. Podmiotowość człowieka oznacza też, że jest on w stanie samodzielnie odczytać wymagania stawiane przez kontekst sytuacyjny, postawić je sobie i określić stopień własnej niezawodności, a także, co jest szczególnie ważne, samodzielnie dostrzec konsekwencje niespełnienia wymagań.

Te konsekwencje mogą mieć bardzo różny charakter dla samego człowieka i jego otoczenia oraz dla relacji człowieka z otoczeniem, zwłaszcza z innymi ludźmi. Konsekwencje te są często trudne do przewidzenia, trudniejsze niż w przypadku analizowania niezawodności innych obiektów niż człowiek. Wreszcie istotną różnicą między pojęciem niezawodności człowieka i niezawodności innych obiektów jest interakcyjność między nadawcą i odbiorcą wymagań, tj. możliwość wymiany

informacji zarówno o stanach samego obiektu (człowieka) jak i o stanach otoczenia. Jest to zupełnie unikalna właściwość człowieka opierająca się na samoświadomości oraz zdolności porozumiewania się za pomocą języka. Właśnie te unikalne cechy człowieka decydują o unikalnym charakterze jego niezawodności, stawiają człowieka w uprzywilejowanej pod wieloma względami sytuacji, ale również powodują, że wymagania w stosunku do niego często przekraczają jego możliwości.

Ponieważ niezawodność człowieka ma tak wiele aspektów, także w języku spotykamy się z wieloma odcieniami znaczeniowymi charakteryzującymi jego niezawodność z tej czy innej strony. Na przykład w określeniu *wiarygodność* zawarte jest przekonanie partnera interakcji, że człowiek zasługuje na jego wiarę, gdyż w przeszłości spełniał na zasadzie bezwyjątkowej jego oczekiwania (mówił prawdę, dotrzymywał słowa, przyrzeczenia itp.). W określeniu *spolegliwość* zawarte jest przekonanie partnera (lub obserwatora), że na człowieku można polegać, gdyż jest silny, sprawny, motywowany do przyjętych na siebie zadań itp. W określeniu *odpowiedzialność* zawarta jest myśl, że człowiek, wobec którego stawia się wymagania, zdaje sobie z nich sprawę oraz z konsekwencji wynikających z ich niespełnienia, jak również ma gotowość poniesienia kary (zewnętrznej bądź wewnętrznej) za ich niespełnienie. Odpowiedzialność bardziej wiąże się z regulacją normatywną zachowania się człowieka, jest to akceptacja normy społecznej „być odpowiedzialnym”.

W pojęciu niezawodność odniesionym do człowieka te niuanse znaczeniowe gubią się, ale korzyść z tego taka, że możliwa jest wspólna płaszczyzna analizy zachowania się człowieka i innych obiektów.

Pojęcie niezawodność jest uważane we współczesnej nauce za jedno z ważniejszych ze względu na jego własności integrujące, które pozwalają na dokonywanie syntezy wiedzy dotyczącej różnych obiektów, zarówno technicznych jak i biologicznych. Pozwala dokonywać analogii i generować nowe hipotezy badawcze (A.K. Astafiew 1978). Korzyści płynące z czynienia analogii mogą być różnorakie.

Technicy od dawna zadają pytanie biologom, w jaki sposób natura zapewnia niezawodność żywych organizmów przy spełnieniu jednocześnie zasady ekonomiczności. Wiadomo bowiem, że systemy żywe w zakresie nieomal wszystkich form i poziomów organizacji niepomniernie przewyższają jakiegokolwiek twory techniczne, stworzone przez człowieka. Są też bardziej odporne na zakłócenia i cechuje je zdolność do kompensacji utraconych funkcji.

Biologowie z kolei starają się stosować metody wypracowane w ramach technicznej teorii niezawodności w badaniach procesów życiowych. Zdają sobie oni sprawę z tego, że jest to możliwe jedynie pod warunkiem, że będzie się respektowało jakościowe różnice mechanizmów funkcjonowania obiektów technicznych i biologicznych. Na przykład odporność na zakłócenia środowiska powstała u organizmów żywych dzięki działaniu określonych czynników w ciągu milionów lat. Żywe organizmy ustępują jednak niektórym układom technicznym pod względem szybkości reagowania.

Etymologicznie rzecz biorąc, słowo niezawodność jest pokrewne takim pojęciom jak: trwałość, pewność, stabilność oraz zdolność do przetrwania w nie sprzyjających warunkach, czasem także odporność na zakłócenia występujące w otoczeniu.

Po tych ogólnych uwagach wprowadzających przejdę do omówienia w sposób bardziej szczegółowy definicji stosowanych w naukach technicznych oraz w naukach o człowieku.

### **1.1.1. Pojęcie niezawodności w naukach technicznych**

Pojęcie niezawodności zostało wprowadzone do terminologii naukowej przez przedstawicieli nauk technicznych oraz cybernetyków. Dopiero później zaczęło stopniowo pojawiać się w pracach z Zakresu biologii, medycyny, ekonomii i innych



nauk społecznych. Do psychologii przeniknęło w latach sześćdziesiątych w związku z wypracowaniem wspólnej płaszczyzny analizy układów człowiek-obiekt techniczny, o czym wspominałam we wstępie. Teoria niezawodności w naukach technicznych formowała się niezależnie. Jak podaje A. Kiliński, przełomowe znaczenie w jej formowaniu się miały dwie prace: R.E. Barlowa, F. Proschana i L.C. Huntera (1965) oraz B.W. Gniedienki, W. Bielajewa i A.D. Sołowiowa (1965). Warte wzmianki jest także praca dotycząca projektowania niezawodnych systemów autorstwa G.H. Sandlera (1963). Z rodzimej literatury technicznej warto są przypomnienia poniekąd pionierskie prace: J. Łopuszańskiego i J. Rzewuskiego (1969), W. Bojarskiego (1967) oraz A. Kilińskiego (1971).

W pracy tego ostatniego autora znajdujemy usystematyzowaną wiedzę o podstawowych problemach technicznej teorii niezawodności, zwłaszcza próbę uporządkowania kwestii terminologicznych. A. Kiliński wyróżnił trzy rodzaje definicji niezawodności: w sensie opisowym, w sensie normatywnym oraz w sensie projektująco - syntetycznym.

Niezawodność obiektu w sensie opisowym to jego zdolność do spełniania wymagań. Przez obiekt rozumie się wszelką rzecz, materiał, wszelki wyrób, część, element, narzędzie, przyrząd, instrument, sprzęt, urządzenie, maszynę, pomieszczenie, budowlę, dowolne miejsce, jak również człowieka i wszelki organizm żywy lub martwy, a także zjawisko, proces, sposób, metodę, wszelki zbiór rzeczy zjawisk, sposobów itp.<sup>4</sup>

Niezawodność obiektu w Sensie normatywnym to własność określona przez prawdopodobieństwo spełniania wymagań. Definicja normatywna zawiera ocenę danego obiektu wyrażoną wielkością prawdopodobieństwa. Jest ona różna w zależności od tego, jakie wymagania stawia się obiektowi. Cecha ta jest obiektywnie względna, gdyż obiektowi można postawić różne wymagania i różne mogą być warunki, w których będzie on pełnił wymagane funkcje. Niezawodność w sensie normatywnym jest więc własnością statystyczną lub probabilistyczną.

A. Kiliński postuluje ponadto rozważenie innych cech obiektu, które są bliskie (a w pewnych sytuacjach tożsame) cechy niezawodności. Jest nią trwałość obiektu, czyli jego zdolność do zachowania istotnych własności. Cecha ta jest względna: zależy od warunków korzystania z obiektu, używania go, eksploatacji, przechowywania, transportu, pielęgnowania, napraw itp. Trwałość może być mierzona długością czasu, w którym obiekt zachowa określone własności w określonych granicach ich zmian w określonych warunkach istnienia. Tak rozumiana trwałość jest nazywana czasem życia, czasem użytkowania lub czasem służby. Niezawodność w sensie normatywnym może być także rozumiana jako prawdopodobieństwo sukcesu, tj. spełnienia przez obiekt określonego wymagania lub jako prawdopodobieństwo przeżycia, tzn. tego, że w okresie (0,7) zmiany określonych własności obiektu nie przekroczą określonych granic, w określonych warunkach istnienia obiektu.

R.P. Haviland (1964) zakwestionował istniejące wówczas definicje niezawodności jako zbyt wąskie, proponując następującą definicję: „Obiekt jest niezawodny, jeśli postępuje zgodnie z przewidywanym prawem, natomiast jest zawodny, jeśli prawa tego nie przestrzega”<sup>5</sup>. W tym przypadku należy przede wszystkim poznać prawo rządzące zachowaniem się danego obiektu, aby określić czy jest on zawodny, czy niezawodny.

---

<sup>4</sup> Por. ibid., s. 10.

<sup>5</sup> R.P. Haviland 1964.

### 1.1.2. Pojęcie niezawodności w innych niż technika dziedzinach wiedzy

W odniesieniu do organizmów żywych, którymi zajmują się nauki biologiczne, niezawodność jest rozumiana jako stałość i uporządkowanie, które przeciwstawia się chaosowi, nieuporządkowaniu i przypadkowości. Przykładem uporządkowania w przyrodzie jest zjawisko symetrii, która jest harmonią proporcji i jednocześnie tożsamością części obiektów przy określonych operacjach wzajemnego nakładania się<sup>6</sup>.

Wraz ze wzrostem złożoności organizmów żywych w toku ewolucji, ich niezawodność nie maleje, lecz rośnie. Dzieje się więc coś odwrotnego do tego, co ma miejsce w technice (proces budowania układów o coraz większym stopniu złożoności). Jednakże niezawodność utożsamiana ze stałością jest tego rodzaju, że zmienność istotnych dla danego organizmu cech występuje równolegle do swego rodzaju nadwyżek funkcjonalnych, dodatkowych sprzężeń zwrotnych i możliwości działania w warunkach zakłóceń występujących w środowisku.

Niezawodność w odniesieniu do organizmów żywych rozpatrywana jest także w kontekście ich plastyczności, która polega na tym, że organizmy żywe są zdolne do utrzymania odrębności gatunkowej pomimo wewnętrznych i zewnętrznych oddziaływań. Plastyczność ta jest możliwa dzięki istnieniu złożonych układów regulacyjnych, celowej organizacji elementów i istnieniu wielofunkcyjnych struktur. A.K. Astafiew (1978) dokonał porównania treści pojęcia niezawodność w odniesieniu do układów technicznych oraz biologicznych i wskazał, że niezawodność układu biologicznego polega na ilościowym ukierunkowaniu działania układu mającego jakościową odrębność i efektywność ukierunkowaną na cel, a niezawodność w odniesieniu do techniki to zdolność obiektu technicznego lub jego elementu do zachowania stałości normalnego funkcjonowania w danych warunkach eksploatacji<sup>7</sup>.

Także w odniesieniu do człowieka używa się wielu różnych definicji niezawodności. T. Kotarbiński (1970) uważa, że jest to postać sprawności, np. funkcjonowanie narzędzia zgodnie z jego przeznaczeniem.

Niezawodność człowieka rozumiana jest także jako jego zdolność do utrzymania wymaganego poziomu sprawności w pracy w określonym odcinku czasu. Dość często utożsamia się tę cechę z odpornością człowieka na zakłócenia występujące w toku pracy. Uważa się, że niezawodność polegająca na zdolności do spełniania wymagań w trudnych warunkach (a za takie należy uznać zakłócenia) jest wyższej próby niż niezawodność w warunkach optymalnych (E.A. Milerjan 1971).

Ostatecznie, w wyniku analizy niezawodności układu człowiek-obiekt techniczny, zaproponowano następującą definicję niezawodności człowieka: *Jest to zdolność do wykonywania powierzonych zadań z minimalnym ryzykiem błędu, w określonych warunkach i w określonym czasie*<sup>8</sup>.

Definicja ta ma następujące zalety: jest wystarczająco ogólna, umożliwia wspólny język z przedstawicielami techniki, pozwala uwzględnić najważniejsze parametry działania człowieka, którymi są dokładność i szybkość; pozwala również (a nawet zobowiązuje) na badania tzw. odporności na zakłócenia występujące w toku pracy, takie jak hałas, niedostateczne oświetlenie, czynniki stresowe itp. Nie uwzględnia jednak wspomnianych wcześniej specyficznych cech człowieka jako przedmiotu analizy, takich jak podmiotowość, zdolność do komunikowania swoich stanów, motywacja do działania niezawodnego itp. Przyjmując tę ogólną definicję niezawodności człowieka pamiętajmy więc o specyficznych cechach tego niezwykłego obiektu naszej analizy, jakim jest człowiek.

<sup>6</sup> Por. A.K. Astafiew 1978, s. 11.

<sup>7</sup> Por. ibid., s. 7.

<sup>8</sup> Por. M. Bobniewa 1966, s. 55 oraz B.F. Łomow 1977, s. 211.

## 2. POJĘCIE BŁĘDU I KLASYFIKACJA BŁĘDÓW A TWORZENIE MIAR NIEZAWODNOŚCI CZŁOWIEKA

Choć panuje powszechna zgoda co do znaczenia, jakie ma definicja błędu dla określania niezawodności człowieka, brak zgody co do treści tej definicji. Podobnie jak w przypadku wielu pojęć psychologicznych panuje dość duża różnorodność poglądów. Różnice zdań dotyczą tego, czym jest błąd, na czym polega, jakie są jego przyczyny oraz jak należy analizować mechanizmy jego powstawania.

O błędach człowieka mówi się w dwu pozornie niezależnych kontekstach, a mianowicie przy okazji omawiania przyczyn wypadków oraz w kontekście analizy działania człowieka w układach technicznych. Próbę syntezy tych dwu kierunków badań przeprowadził czeski psycholog Z. Bureš (1979). W analizie błędów w związku z zapewnieniem bezpiecznej pracy i doбором pracowników, którzy mają pracować na trudnych i niebezpiecznych stanowiskach, błędy traktuje się w odmienny sposób niż w analizie błędów w związku z koniecznością prawidłowego podziału funkcji między człowieka i maszynę oraz projektowania systemów technicznych. W pierwszym przypadku jest on analizowany jako *przyczyna* wypadku, w drugim zaś jako *skutek* niewłaściwej konstrukcji urządzeń, z którymi współdziała człowiek. Ta różnica w perspektywie analizy prowadzi także do odmienności w definiowaniu samego błędu. W pierwszym przypadku w definicji błędu kładzie się nacisk na niezgodność wykonanej czynności z jej wzorcem, w drugim zaś – na rozminięcie się wyniku z zamierzonym celem. Sam fakt wystąpienia błędu może być uznany za wskaźnik zawodności, gdyż, zgodnie z jej definicją, człowiek nie spełnił oczekiwań i nie osiągnął celu.

Błąd w psychologii jest definiowany jako nie osiągnięty cel działania. Przyjęte jest rozróżnienie błędu czynności i błędu wyniku (T. Tomaszewski 1978). Błąd czynności to różnica między prawidłowym i nieprawidłowym przebiegiem czynności, a błąd wyniku to różnica między wynikiem zamierzonym, tj. celem, a wynikiem osiągniętym, który tych cech nie posiada.

X. Gliszczyńska (1967) w następujący sposób definiuje błędy: są to te działania (czyli ruch lub zaniechanie ruchu), które spełniają następujące warunki: 1) są niecelowe (np. ruchy daremne lub przeciwnskuteczne), 2) towarzyszy im nieświadomość niecelowości działania (brak informacji o niecelowości działania), 3) towarzyszy im lub poprzedza je brak informacji niezbędnej w danym momencie do skuteczności danego działania.

Do diagnozy błędu niezbędna jest więc wiedza o tym, jaki był zamiar osoby działającej lub wzorzec stanu pożądanego i jaki jest osiągnięty wynik. Przy wielu rodzajach działań jest to zadanie stosunkowo proste. Praca korektorów nie należy do najbardziej złożonych, podobnie praca kontrolerów jakości w wielu rodzajach produkcji. Istnieją jednak działania ludzkie sterowane niekiedy celami niezbyt jasno sformułowanymi, przy braku wzorców ułatwiających porównanie wyniku z celem. Bywa i tak, że cele zmieniają się w procesie działania człowieka, a zaniechanie działania, gdy traci ono sens, jest bardziej racjonalne niż jego kontynuowanie. Powstają także wątpliwości, czy za błąd należy uznać uzyskanie wyniku innego niż się zamierzało, który jednak pod każdym względem jest pożądanym i korzystnym? Bywa np., że w badaniach naukowych wyniki są odmienne od oczekiwań badacza, nie mówiąc już o heurystycznej wartości niektórych błędów w nauce, które prowadzą do odkryć naukowych.

O ile jednak istnieją określone sposoby diagnozowania błędów, tzn. stwierdzania faktów dotyczących ich występowania, to o wiele trudniejsze jest ustalanie przyczyn, które do nich prowadzą.

W analizie przyczyn błędów człowieka zawsze musimy uwzględniać unikalną cechę człowieka, a mianowicie świadomość, sprawiającą, że jest on podmiotem działania, a nie tylko przedmiotem oddziaływania ludzi i obiektów technicznych w procesie pracy. Świadomość oraz zdolność do kierowania własnym zachowaniem sprawia, że człowiek sam potrafi analizować własne błędy, pozwala także innym odwoływać się do określonych zasad postępowania, motywować do działania maksymalnie ostrożnego itp. Dodajmy, że człowiek może uczyć się zarówno na własnych jak i na cudzych błędach. Korzystając z wcześniejszego doświadczenia może także uchronić się od błędów wynikających z trudności działania w momencie, gdy nastąpi działanie właściwe. Jest to, według terminologii T. Kotarbińskiego, tak zwany zamiar - działanie próbne.

Wszelkie błędy należy jednak rozpatrywać nie tylko ze względu na ich stosunek do celów, lecz także ze względu na zasadę ekonomii wysiłku. Formalnym celem wszelkiej działalności jest uzyskanie maksymalnego efektu przy minimalnym wysiłku. Poświęcenie zbyt wiele czasu i włożenie zbyt dużego wysiłku w osiągnięcie celu należy ocenić ujemnie, jako błąd (J. Pieter 1970).

Ponieważ niezawodność jest definiowana jako zdolność do spełniania wymagań z minimalnym prawdopodobieństwem popełnienia błędu, w określonych warunkach i w określonym czasie, w celu określenia tegoż prawdopodobieństwa niezbędna jest wiedza o błędach, zarówno o ich liczbie jak i o rodzajach. Aby wiedzę tę gromadzić, potrzebne są z kolei schematy klasyfikacyjne i taksonomie błędów. Użyteczność wszelkich klasyfikacji w nauce polega na tym, że pozwalają na elementarną identyfikację badanych obiektów, w tym przypadku na identyfikację błędów, identyfikacja zaś pozwala na dokonanie diagnozy opisowej (zaliczanie błędów do określonych kategorii), co jest z kolei podstawą dokonywania diagnozy genetycznej, wreszcie - dzięki wiedzy o przyczynach - do prognozowania błędów oraz zapobiegania im przez usuwanie przyczyn ich występowania. Niestety w literaturze lista schematów klasyfikacyjnych oraz kryteriów umożliwiających diagnozowanie sytuacji erogennych nie jest zbyt długa.

Wśród istniejących klasyfikacji błędów znajdujemy propozycje o różnym stopniu klarowności (jasności kryteriów podziału) i różnym stopniu ich użyteczności praktycznej. Krótkie omówienie tych propozycji ma na celu umożliwienie czytelnikowi wyrobienia sobie własnego poglądu na tę sprawę oraz pokazanie, jak trudno jest jednoznacznie oceniać wyniki działania człowieka z punktu widzenia niezawodności.

Klasyfikacja błędów praktycznych T. Kotarbińskiego (1970) może znaleźć zastosowanie w psychologii pracy, przy analizie czynności roboczych w wielu zawodach, gdzie przedmiot pracy znajduje się w bezpośrednim zasięgu zmysłów i rąk człowieka. Wyróżnia się w niej dziewięć kategorii błędów:

- namiastki działania, polegające na wykonaniu właściwego zabiegu względem rzeczy ludzko podobnej do rzeczy właściwej,
- automatyzmy wdrożeń - zapędzanie się w niewłaściwym kierunku,
- gubienie - zaprzepaszczanie rzeczy,
- zapomnienie zrobienia czegoś,
- spóźnienie się z wykonaniem czegoś, w tym opieszałość i lenistwo,
- nieudane poszukiwanie, gdzie cel nie zostaje osiągnięty mimo włożonego wysiłku,
- zaniedbywanie ingerencji - błąd powstaje na skutek bierności,
- reakcje impulsywne, gorączkowe,
- błędy praktyczne oparte na błędach logicznych, tj. realizowanie niewłaściwych wniosków.

Kolejną klasyfikacją, bardzo zresztą prostą, jest klasyfikacja amerykańskiego badacza, R.C. Lincolna (1960). Dzieli on błędy na czynne i bierne. Błędy czynne to np. nieprawidłowe rozpoznanie sygnałów i ich treści lub niewłaściwa interpretacja. Błędy bierne polegają na braku wyznaczonej czynności i są powodowane, jak sądzi Lincoln, zaburzeniami pamięci i uwagi człowieka.

Interesującą klasyfikację błędów spotykamy w pracy radzieckiego psychologa - ergonomisty, M.A. Kotika (1971). Badacz ten dzieli błędy na fizjologiczne, psychologiczne oraz demograficzne. Błędy fizjologiczne to te, które pojawiają się na skutek tego, że w ustroju człowieka zachodzą zmiany funkcjonalne, chwilowo obniżające jego wydolność. Są to błędy popełniane głównie w stanie zmęczenia. Ponieważ jednak jest to stan odwracalny, można przewidzieć spadek liczby błędów, gdy organizm powróci do normalnej sprawności. Błędy psychologiczne to błędy związane z odbiorem, przetwarzaniem i przekazywaniem informacji. Powstają one w wyniku chwilowych wahań w poziomie sprawności poszczególnych funkcji psychicznych. Zmiany te nie zawsze są odwracalne, nie zawsze następuje powrót do dawnego poziomu sprawności poszczególnych funkcji. Trudno także ustalić łańcuch przyczynowy zdarzeń, które doprowadziły do powstania błędów w poszczególnych fazach procesu informacyjnego. Błędy demograficzne mają charakter stały i są nieodwracalne. Ich przyczynami są najczęściej: nieuleczalna choroba, kalectwo, inwalidztwo czy podeszły wiek. W organizmie i psychice człowieka zachodzą wówczas zmiany morfologiczne i psychofizjologiczne, typowe dla danego stanu choroby lub wieku. Jedynym sposobem zmniejszenia liczby powstających w ten sposób błędów jest niedopuszczanie osób dotkniętych trwałymi ubytkami sprawności do zadań związanych z wysokimi wymaganiami w zakresie niezawodności.

Na uwagę zasługuje także dokonana przez J. Deweya (1957) próba klasyfikacji błędów popełnionych przez człowieka w procesie rozwiązywania problemów. Według niego, błędy pojawiają się na każdym etapie tego procesu, a mianowicie:

- na etapie odczuwania trudności błąd polega na tym, że człowiek odczuwa trudność nie tam, gdzie się ona rzeczywiście znajduje, występuje więc tzw. przeoczenie trudności istotnych,
- na etapie formułowania problemu błędem jest zbyt ogólne i nieprecyzyjne ujęcie, tzn. pominięcie ważnych warunków, którym powinno odpowiadać rozwiązanie,
- na etapie formułowania próbných rozwiązań błędem może być pominięcie lub przeoczenie obiecujących wariantów, hipotez i możliwości,
- na etapie rozumowej analizy wybranych możliwości nieścisła ich analiza, pominięcie czynników istotnych i prawdopodobnego biegu wypadków oraz niedbałe sprawdzenie rozumowania,
- na etapie empirycznego sprawdzania rozwiązania niedokładna kontrola, np. pominięcie jednego z warunków, któremu rozwiązanie ma odpowiadać.

Propozycja J. Deweya, moim zdaniem, nie straciła na aktualności. Biorąc pod uwagę przewagę procesów i czynności związanych z odbiorem, przetwarzaniem i przekazywaniem informacji, polegających często na rozwiązywaniu złożonych problemów intelektualnych, powyższa klasyfikacja pozwala diagnozować błędy powstające w tego rodzaju czynnościach, oczywiście pod warunkiem, że badana osoba zechce i potrafi opisać proces rozwiązywania problemu i rozliczne trudności pojawiające się w jego trakcie.

Wiele użytecznych klasyfikacji błędów powstało w wyniku analizy konkretnych czynności roboczych, zwłaszcza typu operatorskiego, polegających na wykonywaniu ruchów sterowniczych. Na przykład angielski badacz R.O. Poulton (1952) badał błędy powstające w procesie wykonywania ruchów śledzącej ręki operatora.

Wyodrębnił on dwa typy błędów: pozycyjne (*overroll error position*), których wskaźnikiem jest średni czas utrzymywania się poza tzw. celem, podobnie jak to wcześniej czynili K.J.W. Craik i M. Vince (1943), oraz błędy mierzone łącznym czasem pozostawiania operatora poza celem, których wskaźnikiem jest średni czas opóźnienia operatora w zmierzaniu do celu.

Warto podkreślić specyfikę podejścia do analizy błędów. Wykrywa się je za pomocą konstruowanych wskaźników, w tym przypadku wskaźników czasowych. Badania te mają znaczenie w analizie pracy operatorów obsługujących urządzenia radarowe, centra dowodzenia, pilotów, słowem dla wojskowości.

O klasyfikacji błędów dokonanej przez P.M. Fittsa i R.E. Jonesa wspomniałam przy okazji omawiania genezy problemu niezawodności. W tym miejscu warto dodać, że była ona ważnym krokiem naprzód w analizie błędów pilotów i przyczyniła się do zapobiegania im. Klasyfikacja ta jest bardzo często cytowana i wykorzystywana w praktyce. Jest klasyczną ilustracją tezy głoszącej, że błędy człowieka są funkcją konstrukcyjnych cech kabiny samolotu. Wyniki tej analizy przyczyniły się do znacznego udoskonalenia kabiny samolotu i ułatwienia pracy pilotów.

Skoro mowa o błędach pilotów, nie może tu zabraknąć informacji o badaniach D.R. Davisa (1948). Jest on swego rodzaju klasykiem, jeśli chodzi o analizę błędów popełnianych w procesie odbywania lotów. Prowadził zresztą wiele eksperymentów z zastosowaniem symulatorów i porówny-

wał następnie ilość oraz jakość błędów popełnianych w tych dwu rodzajach sytuacji. Okazało się, że osoby badane (piloci) popełniały podobne błędy w sytuacji lotu rzeczywistego i w laboratorium. Błędy były rejestrowane na słynnym urządzeniu skonstruowanym przez psychologów i inżynierów z Uniwersytetu w Cambridge, tzw. „cockpicie”. Korelowano je następnie z wpływem różnych czynników zakłócających, takich jak: hałas, alkohol, brak witamin, leki itp. Próbowano także odpowiedzieć na pytanie, czy eksperymenty laboratoryjne pozwalają na sprawdzenie hipotez dotyczących przyczyn niebezpiecznych błędów popełnianych najczęściej w sytuacji rzeczywistego lotu oraz czy wyniki takich badań mogą mieć znaczenie praktyczne?

Wysunięto dwie hipotezy:

- 1. błędy są głównie skutkiem zmęczenia,
- 2. błędy wynikają z zaburzeń organizacji czynności uprzednio wyćwiczonych.

Jeśli zmęczenie jest czynnikiem powodującym powstawanie błędów, to pod koniec zmiany roboczej powinno być ich więcej niż na początku, zwłaszcza, jeśli praca przebiega w warunkach stresu. Jeśli w procesie pracy pojawiają się czynniki zakłócające normalny tok czynności, powstanie zjawisko deautomatyzacji wprawy i pojawi się więcej błędów. Obie hipotezy zostały potwierdzone, lecz należało wyjaśnić, dlaczego tak się dzieje. R.O. Poulton zaproponował następujące wyjaśnienie. Błędy pilota polegają na wysunięciu przez niego nieprawidłowej hipotezy odnośnie do stanu rzeczywistego, na roztargnieniu wywołanym nawalem zadań oraz na działaniu mechanizmu lęku. Reakcje obronne są szybkie, silne, lecz mało dokładne, niezorganizowane, chaotyczne. Jest to sytuacja błędnego koła: zagrożenie powoduje lęk, lęk zaś wzmacnia zagrożenie i niebezpieczeństwo pilota, gdyż w stanie lęku zmniejsza się jego sprawność.

Pewną ilość prac eksperymentalnych poświęcono błędom popełnianym w procesie uczenia się i posługiwania alfabetem Morse'a (R.W. Highland, E.A. Fleishman 1958 oraz M.A. Safren, A. Chapanis 1960). Wyróżniono następujące rodzaje błędów:

- skrócenie sygnału,
- wydłużenie sygnału,
- całkowita zamiana kresek i kropek,

- zamiana elementów wewnątrz sygnałów,
- błędy różne, nie dające się zaliczyć do powyższych kategorii.

Radzieccy psychologowie pracy zajmowali się błędami głównie w związku z analizą jakości pracy (W.W. Suworowa 1958, O.A. Konopkin 1966) oraz w związku z analizą pracy pilotów (G.T. Bieriegowej i in. 1974). Odnośnie do pracy pilotów stworzono klasyfikację składającą się z pięciu kategorii błędów:

- nieodebranie informacji (werbalnej, dźwiękowej, dotykowej lub wzrokowej),
- nieprawidłowa ocena informacji odebranej z przyrządów,
- nieprawidłowa ocena przestrzennego położenia samolotu w czasie lotu samotnego lub grupowego,
- nieprawidłowe czynności ruchowe,
- nierozpoznanie sytuacji awaryjnej oraz niedostrzeżenie błędu czynności w sytuacji awaryjnej.

Autorzy ci porównywali procenty błędów popełnianych przez pilotów latających na samolotach odrzutowych, śmigłowych oraz na helikopterach. Okazało się, że znacząco większy procent błędów popełniają piloci samolotów odrzutowych, następnie helikopterów, najmniej - samolotów śmigłowych. Przy czym piloci latający na helikopterach nie popełnili ani jednego błędu dotyczącego nieprawidłowego odbioru przestrzennego położenia helikoptera.

W powyższej klasyfikacji błędów zawarta jest bardziej ogólna koncepcja analizy zachowania się człowieka w sytuacjach specyficznych, a mianowicie w czasie pełnienia funkcji typu operatorskiego, gdzie informacje o stanach, w jakich znajduje się sterowany obiekt, rzadko docierają w sposób bezpośredni. Dominują tu czynności informacyjne, a nieprawidłowe czynności ruchowe są ściśle uwarunkowane błędami pojawiającymi się w związku z nieprawidłowym odbiorem lub nieprawidłową oceną odebranej informacji. Ten zasadniczy schemat analizy i klasyfikacji błędów jest aktualny m. in. dlatego, że pozwala na stosowanie aparatury pojęciowej teorii informacji nadającej się do opisu procesów informacyjnych zachodzących w układzie człowiek-obiekt techniczny.

W analizie pracy operatorów można także wyodrębnić błędy zgodnie z klasycznym już podziałem na błędy logiczne (lub teoretyczne) i błędy praktyczne. Teoretyczne związane są z przetwarzaniem informacji, a praktyczne - z jej przekazywaniem innym ogniwom za pośrednictwem czynności obserwowalnych (nadawanie komunikatów werbalnych, wykonywanie ruchów sterowniczych itp.).

Szczegółowa charakterystyka błędów teoretycznych znajduje się w podręcznikach logiki. Błąd rozumowania to naruszenie zasad logiki, jasnego, ścisłego, jednoznacznie uporządkowanego myślenia. Jednakże w konkretnych sytuacjach - gdy człowieka traktuje się nie jak uczonego, z namysłem wyprowadzającego z podanych mu przesłanek wnioski logiczne, lecz jak intuicjonistę i naiwnego badacza stosującego swoją mniej lub bardziej uporządkowaną wiedzę i swoje doświadczenie w procesie wykonywania pracy - wiedza na temat sposobu unikania błędów logicznych jest mało przydatna. Jest to wiedza normatywna, wskazująca jak być powinno, a nie jak w rzeczywistości przebiega proces rozumowania i jego wynik - rozumienie.

O roli tzw. fałszywych hipotez w pracy pilotów będzie jeszcze mowa w rozdziale poświęconym mechanizmom powstawania błędów. Teraz zajmiemy się drugą wymienioną wyżej kategorią błędów, a mianowicie błędami praktycznymi. (Szczegółowy podział tych błędów dokonany przez T. Kotarbińskiego został już omówiony.) Otóż błędy praktyczne, w przeciwieństwie do teoretycznych, są bezpośrednio obserwowalne, dlatego z większą łatwością można je wykrywać, klasyfikować, opisywać itp. Wykrywanie zaś błędów praktycznych w określonych rodzajach prac, takich jak praca zecera, korektora, pracownika montażu precyzyjnych urządzeń,

kontrolera jakości, praca uczniów w szkole, zwłaszcza uczących się języków obcych, operatorów, maszynistów i wielu innych, ma podstawowe znaczenie dla prawidłowego kształtowania warunków, organizowania i wykonywania tych czynności.

Analiza błędów praktycznych w różnych sytuacjach i przy wykonywaniu różnych czynności może się przyczynić do sformułowania ogólnych twierdzeń dotyczących charakterystyki praktycznego działania i natury człowieka. Pozwala też odpowiedzieć na pytanie, czy błąd jest w działaniu człowieka rzeczą naturalną, wedle łacińskiej maksymy *errare humanum est*, czy też jest to uboczny, niepożądany i możliwy do uniknięcia produkt.

Przykładem podejścia głoszącego, że błąd jest immanentnym składnikiem wszelkiego działania oraz odgrywa pozytywną rolę w procesie wszelkiego uczenia się, jest podejście psychologów zajmujących się szeroko rozumianym uczeniem się (m. in. I.P. Pawłow 1952, B.L. Thorndike 1932, C.L. Hull 1934, F.C. Tolman 1932, W. Budohoska, Z. Włodarski 1972). Najdobitniej jest to powiedziane w tezie dotyczącej uczenia się metodą prób i błędów. Gdy chodzi zarówno o właściwe różnicowanie bodźców, jak i o właściwe różnicowanie reakcji, błąd występuje nieuchronnie w początkowych etapach nabywania nowych form zachowania się. B.L. Thorndike okres różnicowania się reakcji nazywa okresem prób i błędów. Podobnie naturalnym zjawiskiem są błędy powstające w wyniku generalizacji bodźców, gdy reakcja została wyzwolona po wystąpieniu nie tylko danego bodźca, lecz także bodźców podobnych (I.P. Pawłow 1952).

Podobne stanowisko zajmują badacze języka analizując konkretne czynności posługiwania się nim w procesie mowy. Analiza błędów językowych (mownych) ma ogromne znaczenie dla komunikowania się ludzi, praktyki uczenia się i nauczania zarówno języka ojczystego jak i języków obcych, tworzenia nowych sposobów porozumiewania się między człowiekiem i urządzeniami technicznymi, zwłaszcza komputerami.

Propozycję klasyfikacji błędów mownych podał J. W. Krasników (1980). Podzielił on błędy popełniane w procesie mówienia na siedem kategorii:

- 1. błąd zamiany (słów lub sylab w słowie),
- 2. błąd powtórzenia,
- 3. błąd przestawienia,
- 4. błąd przepuszczenia (słowa lub dźwięku),
- 5. błąd polegający na dodaniu zbędnego elementu do słowa lub zdania,
- 6. błąd polegający na zniekształceniu słowa lub zdania,
- 7. błąd akcentowania zmieniający sens słowa lub zdania.

Mechanizmy leżące u podstaw powstawania tych błędów są trojakiego rodzaju. Po pierwsze, związane z defektami postrzegania słuchowego lub wzrokowego, które mogą, choć nie muszą, prowadzić do błędów rozumienia. Te zaś mogą mieć charakter inercyjny lub wywoływać przypadkowe skojarzenia. Zarówno inercyjność jak i przypadkowe skojarzenia mogą, choć nie muszą, wywołać zaburzenia artykulacyjne. Nieprawidłowo wymówione słowo lub zdanie może być wynikiem odstępstwa od norm czasowych, koniecznych do prawidłowej artykulacji (słowo lub zdanie wypowiedziane za szybko lub za wolno), może wynikać z nieadekwatności słowa lub zdania usłyszanego lub dostrzeżonego do jego artykulacji, może być błędem dialektu (wymawianie zawsze danego dźwięku nieco inaczej niż jest to przewidziane w standardach artykulacyjnych danego języka).

Na powyższym przykładzie błędów językowych (mownych) widać, że w mechanizmie ich powstawania czynności uprzednie mogą (lecz nie muszą) powodować następstwa w postaci błędów, nie jest to więc determinacja pewna, lecz tylko prawdopodobna. Jest to charakterystyczna cecha procesu powstawania błędów u człowieka. Spostrzeżenie to legło u podstaw innego podziału błędów, a mianowicie na błędy systematyczne i przypadkowe (D. Meister 1962 i inne prace tegoż



autora, M. Bobniewa 1969). Podział ten ma wystarczający stopień ogólności, aby objąć nim wszystkie błędy człowieka oraz pozwala wyodrębnić dwa rodzaje sposobów przewidywania błędów.

Błędy systematyczne to takie, których przyczyny są już poznane, dają się więc nie tylko wyodrębnić, lecz także przewidzieć. Zapewnienie optymalnych warunków pracy to główna droga zapobiegania tego rodzaju błędom. Błędy przypadkowe nie dają się przewidzieć; mówi się o nich, że pojawiają się mimo zapewnienia optymalnych warunków działania, a popełnić je może każdy, nawet zdrowy, doświadczony, wypoczęty, pracujący w optymalnych warunkach człowiek. Są to drobne potknięcia, uchybienia, zatrzymania związane, jak się przypuszcza, ze zmiennością w poziomie funkcjonowania procesów psychicznych, np. mimowolne wahnięcia uwagi, nagłe otamowania, minimalne fluktuacje w poziomie aktywności układów funkcjonalnych narządów zmysłów. C.G. Drury i J.G. Fox (1975) podają, że około 25% błędów popełnianych przez kontrolerów jakości jest praktycznie nie do uniknięcia; popełniają je kontrolerzy o wysokich kwalifikacjach.

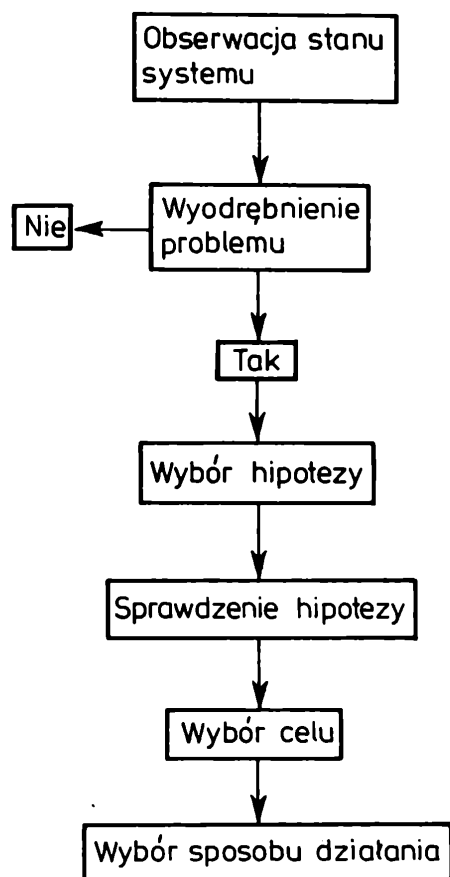
Dla przedstawicieli techniki taka konstatacja jest wystarczająca. Dotyczy ona granic możliwości człowieka i aby zwiększyć procent wykrywalności braków, należy wspomóc człowieka dodatkowymi urządzeniami technicznymi, skrócić czas pracy (wiadomo bowiem, że pod koniec zmiany roboczej liczba błędów wzrasta), itp. Natomiast dla psychologów oznacza to, że błędy systematyczne są skutkiem poznanych prawidłowości psychologicznych, że znając je, można z określonym prawdopodobieństwem przewidywać ich wystąpienie. Natomiast błędy przypadkowe są skutkiem nieznanych przyczyn i ich poznanie prowadzi do odkrycia nowych prawidłowości i wzbogacenia wiedzy o człowieku.

Powyższy podział błędów można stosować do czynności zarówno umysłowych jak i ruchowych, do pracy typu operatorskiego i do każdego innego rodzaju aktywności człowieka. Jest to pierwszy krok w analizie błędów. Podział ten nie wystarcza jednak do poznania prawidłowości rządzących powstawaniem błędów przy wykonywaniu wyżej wymienionych czynności w celu wyjaśnienia mechanizmów ich powstawania.

Powyższy podział wskazuje jednocześnie na dwa ogólne, odmienne podejścia w poszukiwaniu przyczyn konkretnych błędów: podejście *deterministyczne* oraz podejście *probabilistyczne*. Podejście probabilistyczne jest typowe dla badań niezawodności człowieka w związku z analizą ryzyka, a błąd człowieka jest traktowany podobnie jak usterka lub zakłócenie w funkcjonowaniu maszyny. Liczba błędów człowieka i maszyny jest punktem wyjścia obliczenia współczynnika niezawodności całego układu (W.B. Rouse, S.H. Rouse 1983). W podejściu deterministycznym zakłada się, że błąd rzadko jest czymś przypadkowym, a wykrycie przyczyny jest zarazem punktem wyjścia do obmyślenia sposobu zmniejszenia liczby błędów lub ich całkowitego wyeliminowania. Podejście to jest użyteczne przy tworzeniu programów szkolenia, a także przy doskonaleniu konstrukcyjnych cech urządzeń technicznych.

Jedną z najbardziej wyczerpujących klasyfikacji błędów jest klasyfikacja dokonana przez W.B. Rouse i S.H. Rouse (1983). Obejmuje ona kategorie ogólne błędów, odpowiednio do wykonywanych przez operatora czynności (a więc jest to sekwencyjna analiza, dająca zarazem całościowy obraz wykonywanych czynności), oraz kategorie specyficzne, odnoszące się do poszczególnych wyodrębnionych w procesie obserwacji czynności wykonanych niewłaściwie. Kategorie te są nazwami tych właśnie czynności. Każda z nich jest następnie krótko scharakteryzowana, tzn. podane są przykłady takich właśnie czynności.

Punktem wyjścia jest stworzenie tzw. conceptualnego modelu zadania operatora. Model ten jest przedstawiony na rys. 2.1.



Rys. 2.1. Konceptualny model zadania operatorskiego

Analiza czynności mająca na celu wykrycie w nich błędów przebiega na dwu poziomach. Poziom I to ustalenie, czy wszystkie wyżej wymienione etapy muszą wystąpić, czy też niektóre z nich można pominąć i nie będzie to miało wpływu na osiągnięcie celu. Poziom II polega na tym, że każdy z wyżej wymienionych etapów analizuje się szczegółowo, biorąc pod uwagę cechy poszczególnych czynności w relacji do wzorców poprawności ich wykonania. Terminy opisujące te nieprawidłowości są same przez się zrozumiałe. Tabela 2.1. zawiera schemat analizy na poziomie I i II.

Ogólnie biorąc, aby zidentyfikować błąd i określić jego przyczyny, należy gromadzić dane pochodzące z różnych źródeł, zarówno natury obiektywnej jak i subiektywnej, od samych wykonawców czynności. Ważny jest wybór osób badanych. Nie mogą to być osoby przypadkowe, „z ulicy”, muszą być zaangażowane w dany rodzaj działalności. Wyjątek można uczynić, gdy chodzi o czynności związane z odczytywaniem wskaźników w celu określenia ich czytelności lub gdy chodzi o badania pojemności pamięci. W tych przypadkach mogą jednak wystąpić zafałszowania wynikające z faktu braku odpowiedniej motywacji u tzw. osób postronnych. Brak motywacji lub jej nadmiar mogą z kolei powodować wzrost lub spadek liczby błędów.

Konkretne czynności związane z identyfikacją błędów są bardzo trudne. Wymagają scenariuszy i wytrenowanych ekspertów, którzy potrafią posługiwać się schematami. Proces diagnozowania składa się z kilku etapów. Pierwszy to filtrowanie, tzn. wyodrębnianie tych sfer działania operatora, w których stwierdzono różnorodne odchylenia od wzorca. Zebrane dane analizuje się w celu zidentyfikowania rodzaju błędu i nazwania go. Procesu tego nie da się zalgorytmizować;

z reguły zajmują się nim zespoły ekspertów. Rozbieżności w ocenach ekspertów są szczegółowo dyskutowane.

Kolejnym etapem jest próba określenia przyczyn błędów. Wiąże się to z projektowaniem eksperymentalnego sprawdzania hipotez statystycznych (randomizacja, dobór grup

Tabela 2.1. Schemat klasyfikacji błędów

| Kategorie ogólne                     | Kategorie specyficzne   |
|--------------------------------------|---|
| 1. Obserwacja stanu systemu          | a) nadmierne obserwowanie<br>b) mylna interpretacja<br>c) niedokładna interpretacja<br>d) niekompletna obserwacja<br>e) niewłaściwa interpretacja<br>f) brak obserwacji   |
| 2. Wybór hipotezy                    | a) niespójnej z obserwacjami<br>b) spójnej, ale nieprawdopodobnej<br>c) spójnej, ale kosztownej<br>d) funkcjonalnie nieistotnej   |
| 3. Sprawdzanie hipotezy              | a) niekompletne<br>b) akceptacja hipotezy fałszywej<br>c) odrzucenie hipotezy prawdziwej<br>d) brak sprawdzenia   |
| 4. Wybór celu                        | a) niekompletny<br>b) niedokładny<br>c) niekonieczny<br>d) brak wyboru  |
| 5. Wybór sposobu działania           | a) niekompletny<br>b) niedokładny<br>c) niekonieczny<br>d) brak wyboru  |
| 6. Wykonanie działania               | a) pominięcie ważnego kroku<br>b) powtórzenie czynności<br>c) dodanie czynności zbędnej d) zakłócenie sekwencji<br>e) niewłaściwe rozłożenie w czasie<br>f) wykonanie w niewłaściwym miejscu<br>g) niedokładny ciąg czynności<br>h) niekompletne czynności (nie dokończone)<br>i) czynność nieistotna |
| Źródło: W.B. Rouse, S.H. Rouse 1983. |   |

kontrolnych itp.) dotyczących istotności różnic między dwiema (lub więcej) sytuacjami prawdopodobnie powodującymi powstawanie błędów. Oczywiście, w pewnych przypadkach zidentyfikowanie przyczyn błędów może być łatwe, oparte na zasadzie oczywistości. W wielu jednak wypadkach hipotezy dotyczące przyczyn należy sprawdzać za pomocą metod wnioskowania statystycznego.

Wspomniani wyżej autorzy, wyciągając wnioski z własnych doświadczeń, zaproponowali rozpatrzenie czterech klas przyczyn błędów:

- ograniczenia możliwości człowieka, wynikające z jego natury,
- ograniczenia systemu, z którym człowiek współdziała,
- warunki, w jakich dany człowiek działa w danym systemie,
- zdarzenia, które zachodzą w procesie działania człowieka niezależnie od niego i są niemożliwe do przewidzenia (dystrakcje, nagłe pogorszenie się stanu człowieka, zła komunikacja, nagła awaria urządzenia itp.).

W celu ułatwienia klasyfikowania błędów dobrze jest opisać krótko każdy błąd podając dane pochodzące ze wszystkich źródeł informacji (tj. obserwacji, historii danej czynności, czyli opisu pracy, zapisów i rejestracji rozmów), tak aby każdy ekspert był przekonany o kompletności informacji. Dopiero wówczas może on dokonać zaklasyfikowania każdego opisanego zdarzenia jako błędu lub nie. Wszelkie rozbieżności zdań między ekspertami należy przedyskutować, gdyż ostateczna diagnoza powinna się opierać na uzgodnionej opinii.

W przytoczonej w tabeli 2.1 klasyfikacji na uwagę zasługuje ostatnia kategoria błędów, a mianowicie błędy wykonania. Warto porównać ją z propozycją klasyfikacji tzw. błędów operatorskich, wyróżnionych przez Z. Bureśa (1979).

Autor ten wyróżnił następujące rodzaje błędów czynności:

1. brak prawidłowej czynności po pojawieniu się sygnału,
2. czynność spóźniona,
3. czynność wykonana w porę, lecz nie dokończona lub wykonana zamiast innej,
4. czynność zbyt szybka, wynikająca z chaotycznej aktywności,
5. czynność przedwczesna,
6. czynność spontaniczna, bez sygnału z zewnątrz, zamiast powstrzymania się od aktywności, przedwczesne włączenie się do działania,
7. czynność przeciwna do czynności pożądanego lub niedokładna.

Z porównania tego wynika, że wiele kategorii błędów jest podobnych i większość błędów praktycznych (wykonania) jest pochodną braku odpowiedniej czasowej regulacji czynności (czynności przedwczesne, spóźnione, spontaniczne itp.), pochodną zaburzeń regulacji przestrzennej (zamiast w prawo - w lewo, zamiast w górę - w dół) oraz ze względu na źródło aktywności (wewnętrzne - zewnętrzne, brak impulsu wewnętrznego lub brak impulsu hamującego).

Z tych trzech aspektów czynności (przestrzeń, czas i źródło aktywności) można tworzyć dalsze kombinacje przyczyn błędów. Mogą to być czynności wykonane na czas, ale nieprawidłowe, prawidłowe, ale spóźnione, nieodpowiednie zarówno jeśli chodzi o czas jak i o przestrzeń (np. spontaniczne), wykonane częściowo w porę, a częściowo nie (np. nie dokończone), itp. Takich kombinacji naliczył Z. Bureś aż 15.

Warto podkreślić, że zanim klasyfikacja błędów stanie się narzędziem analizy, trzeba wykonać ogromną pracę badawczą (od zbierania surowych danych pochodzących z potocznych obserwacji do planowania złożonych eksperymentów).

Jednakże raz stworzona klasyfikacja jest nie tylko wielką pomocą w dalszym gromadzeniu danych, lecz także pobudza do pogłębiania wiedzy o opisywanych zjawiskach. Liczba i częstość popełnianych błędów określonego rodzaju jest podstawą tworzenia ilościowych charakterystyk niezawodności człowieka, gdyż umożliwia ustalenie prawdopodobieństwa wystąpienia określonych błędów, a w ostatecznym wyniku - prawdopodobieństwa bezbłędnej pracy człowieka w określonych warunkach i w określonym czasie. W każdym niemal wzorze matematycznym niezawodności potrzebne są dane na temat błędów. Bardziej szczegółowe rozważania na ten temat znajdują się w rozdziale 5<sup>9</sup>.

Wylizywanie rozmaitych systemów klasyfikacji błędów może się wydać nieco nużące i utrudniać orientację co do ich praktycznej wartości. Użyteczność każdej z wyżej wymienionych klasyfikacji błędów można rozpatrywać z dwu punktów widzenia:

- z punktu widzenia zbierania danych o błędach będących podstawą budowania miar niezawodności,
- z punktu widzenia zbierania danych w celu analizowania *mechanizmów regulacyjnych*, które człowiek stosuje w sytuacjach trudnych.

W pierwszym przypadku wiedza o błędach jest instrumentalna wobec celu nadrzędnego, jakim jest przewidywanie niezawodności układu, w którym człowiek pełni określoną rolę. W drugim zaś wiedza o błędach jest samoistnym celem badań psychologicznych - wyjaśnienie podstawowych problemów natury psychologicznej. W tym przypadku będą nas głównie interesować klasyfikacje pozwalające ujmować błędy wynikające z *obniżonych możliwości* człowieka oraz błędy wynikające z *zawyżonych* czy też gwałtownie się zmieniających *wymagań* względem niego.

Użyteczność przytoczonych klasyfikacji zależy także od tego, jaki rodzaj układu i jaki typ wzajemnych relacji między układem a człowiekiem będzie przedmiotem analizy. Czasem bardziej użyteczna będzie klasyfikacja biorąca pod uwagę obserwowane zachowania, a czasem relacjonująca subiektywne stany człowieka jako źródło błędów, czasem ważniejsza będzie możliwość zliczenia błędów wyników czynności, a w innych wypadkach - klasyfikacja pozwalająca ujmować błędy czynności. Na przykład w analizie układów o wysokim stopniu złożoności, zmienności stanów oraz wysokiej awaryjności najważniejsza będzie klasyfikacja błędów powstających w toku czynności zapewniających bezpieczeństwo systemu, a w układach, których głównym celem jest produkcja, ważniejsza będzie klasyfikacja dotycząca błędów wyników (np. kontrola jakości).

## 2.1. Psychologiczne mechanizmy powstawania błędów

Mechanizm jakiegoś zjawiska lub procesu to jakiś inny proces, który za nim stoi i sprawia, że obserwujemy pojawienie się interesującego nas zjawiska lub procesu. W tym rozumieniu mechanizm czegoś to jego przyczyna. O przyczynach błędów powiedzieliśmy trochę w poprzednim rozdziale dotyczącym klasyfikacji błędów, lecz były to raczej krótkie wzmianki przy okazji omawiania klasyfikacji, których ambicją jest wskazanie nie tylko tego, jakie błędy występują, lecz także tego, jakie

<sup>9</sup> Wartościową z psychologicznego punktu widzenia klasyfikację danych dotyczących błędów podali W.B. Askren, A.D. Swain i D. Meister w pracy W.B. Askren (red.) 1967. Obiecującym sposobem wykorzystania danych o błędach jest estymacja prawdopodobieństw warunkowych większych jednostek zachowania się człowieka w układzie, z wykorzystaniem techniki „drzewa probabilistycznego”. Przy czym wprowadza się rozróżnienie błędu czynności i błędu wyniku, a system produkcyjny traktuje się jako specyficzny rodzaj układu człowiek-maszyna.

są ich przyczyny. Pojęcie mechanizmu, jakkolwiek podobne do pojęcia przyczyny, ma jednak dodatkowy odcień znaczeniowy, sugeruje *sposób*, w jaki dochodzi do interesującego nas zjawiska lub procesu, podczas gdy pojęcie przyczyny kładzie nacisk na *determinizm* zjawiska, logikę zdarzeń następujących po sobie w przestrzeni i czasie.

Każdy rodzaj błędu ma swój mechanizm lub swoje mechanizmy, których poznanie wymagałoby często poważnych badań eksperymentalnych. Na szczęście, niezależnie od gromadzenia wiedzy na temat błędów, prowadzi się badania nad różnymi zagadnieniami dotyczącymi funkcjonowania psychiki człowieka. Z badań tych wynikają wnioski, które można wykorzystać przy wyjaśnianiu, w jaki sposób powstają niektóre błędy.

Spróbujmy znaleźć takie informacje, które nadawałyby się do wyjaśnienia, jeśli nie wszystkich, to przynajmniej niektórych błędów człowieka. Nie będzie to precyzyjne określenie mechanizmów, lecz wskazówka, w jakim kierunku iść, aby mechanizmy te ustalać i wyjaśniać.

Proponuję rozważenie następujących psychologicznych mechanizmów powstawania błędów w pracy człowieka:

1. generalizacja (bodźca lub reakcji),
2. habituacja,
3. perseweracja,
4. pojawienie się procesów poprzedzających stan uwagi (*preattentive processes*),
5. zasada jednokanałowego przewodnictwa ograniczająca synchroniczność działań,
6. mechanizm decyzyjny uczestniczący w procesach detekcji sygnałów (zasada fałszywych alarmów i opuszczeń) oraz mechanizm decyzyjny dotyczący diagnozowania sytuacji, wyodrębniania problemu i jego rozwiązywania,
7. automatyzacja i deautomatyzacja czynności,
8. hierarchizacja struktur regulacyjnych.

Każdemu z tych zagadnień można by poświęcić odrębny rozdział. Nam chodzi jednak o zasygnalizowanie pewnych zagadnień i możliwości ich wykorzystania do wyjaśnienia, bardzo zresztą hipotetycznego, mechanizmów pewnych błędów, a właściwie pewnych ich rodzajów. Dlatego też omówione zostaną krótko. Zainteresowanych odsyłam do odpowiednich publikacji naukowych.

*Generalizacja* bodźców lub reakcji odnosi się do błędów powstających w procesie uczenia się. Na ten temat znajdujemy obszerne informacje w każdym podręczniku psychologii. Jest to wiedza klasyczna, podręcznikowa. Błąd jest traktowany jako zjawisko naturalne i nieuniknione, jako zasada funkcjonowania układu nerwowego człowieka. W mechanizmie tym pokazana jest organizująca zachowanie się człowieka rola wzorca (bodźca lub reakcji). W teorii uczenia się generalizacją nazywa się (za I.P. Pawłowem) zjawisko wywołania reakcji nie tylko przez bodziec, na który reakcja została wyuczona, lecz także przez inne podobne do niego bodźce. Wraz ze wzrostem różnicy między bodźcami maleje prawdopodobieństwo generalizacji. W miarę nabierania wprawy następuje różnicowanie, tj. bardzo precyzyjne reagowanie na dany bodziec i niereagowanie na bodźce podobne. Uogólnienia dotyczą przede wszystkim myślenia, tj. przechodzenie od tego, co odnosi się do poszczególnych przypadków, do tego, co ogólne, a więc odnosi się do klasy przypadków. Generalizacja semantyczna odnosi się do reakcji wytworzonej na określone bodźce zmysłowe i do jej przenoszenia na nazwę tych bodźców (zjawisk, zdarzeń itp.). Generalizacja semantyczna dotyczy również przenoszenia reakcji na słowo na inne słowa o podobnym znaczeniu oraz na słowa o podobnym brzmieniu

lub np. graficznym wyglądzie. Błędy generalizacji powstają wówczas, gdy zadania wymagają różnicowania i precyzyjnych reakcji oraz wówczas, gdy osoby cechuje wysoka reaktywność (tj. słaby system nerwowy lub niski próg wrażliwości, co warunkuje intensywność reakcji).

*Habituacja* - obniżenie reaktywności, podwyższenie progu wrażliwości w stosunku do bodźców regularnie powtarzających się lub działających w sposób ciągły przez pewien czas. Habituacja występuje tym szybciej, im mniejsze znaczenie przystosowawcze dla danego osobnika mają działające bodźce. W sensie mniej związanym z odbiorem wrażeń habituacja oznacza po prostu przyzwyczajenie się organizmu do pewnych warunków działania. Występuje ona wyraźnie w zadaniach typu czuwaniowego. Błąd powstaje właśnie na skutek tego, że nowy bodziec pojawił się w momencie, gdy nastąpiła habituacja i ze względu na podwyższenie progu wrażliwości nie mógł być odebrany.

*Perseweracja* - antycypacja. Podstawą empiryczną są tu badania S. Exnera, angielskiego fizjologa żyjącego w XIX w. Wykazał on, że mechanizm każdej, nawet najprostszej, reakcji jest podwójny: składa się ze stanu ogólnej gotowości do wykonania określonego ruchu i z procesów aktualizujących tę reakcję. W eksperymentach dotyczących reakcji stan gotowości wywołuje instrukcja nakazująca reagować ruchem R na bodziec S, reakcja zaś następuje dopiero po pojawieniu się bodźca S. Żaden z tych dwu czynników osobno nie wystarcza do wystąpienia reakcji, konieczna jest też ich odpowiednia kolejność. Nowoczesne próby wyjaśnienia reakcji idą w kierunku przyjęcia, że istnieją dwa mechanizmy: proces *ukierunkowujący* reakcję i następujący po nim proces *wywołujący* reakcję. Jeden bodziec wywołuje stan gotowości, drugi zaś reakcję. Teoria dwu mechanizmów wyjaśnia błędy powstające w prostych reakcjach seryjnie się pojawiających przy dwu różnych instrukcjach, np.: „gdy się pokaże bodziec X - naciśnij przycisk, gdy się pokaże bodziec Y - nie naciskaj”. To proste zadanie nie jest wykonywane bezbłędnie. Jak podają autorzy eksperymentalnej pracy z tego zakresu, T. Tomaszewski i R. Stadnicki (1963), liczba błędów popełnionych przez poszczególne osoby wahała się od 6 do 9 w przypadku eksperymentów z bodźcami sensorycznymi oraz od 8 do 42 przypadków w eksperymentach z bodźcami słownymi. Liczba błędów zależała od trzech wymienionych niżej czynników:

- 1. rodzaju bodźców,
- 2. rozmieszczenia bodźców w szeregu,
- 3. funkcji „pobudzeniowej” lub „hamulcowej”.

Ogólnie biorąc, procent błędów w stosunku do wszystkich reakcji w przypadku bodźców słownych jest znacznie większy (15%) niż w przypadku bodźców sensorycznych (4,5%). Miejsce bodźca w szeregu jest także czynnikiem powodującym błędy. Chodzi tu o tzw. punkty „przejęciowe”, w których po bodźcu „pobudzeniowym” następuje bodziec „hamulcowy” lub odwrotnie. Największe nasilenie błędów występuje w miejscu, w którym po dłuższym szeregu bodźców jednego rodzaju następuje zmiana. Przy bodźcach „hamulcowych” występuje znacznie więcej błędów niż przy bodźcach „pobudzeniowych”. Stosunek ten wynosi 271 błędów „hamulcowych” do 106 „pobudzeniowych” w przypadku bodźców słownych i 50 do 24 w przypadku bodźców sensorycznych. Dlaczego tak jest? Na pytanie o mechanizm powstawania błędów popełnianych w przypadku bodźców „hamulcowych” autorzy powyższego artykułu odpowiadają w następujący sposób: Przy zmianie bodźców reakcja nie ulega zmianie, O.B. (osoba badana) reaguje tak jak poprzednio. Działa więc tu mechanizm perseweracji. Drugi rodzaj błędów jest odwrotny. Mimo że nie ma zmiany bodźca, reakcja się zmienia. Te błędy wyglądają tak, jakby O.B. przewidywała fałszywie. Jest to więc mechanizm fałszywej antycypacji. Autorzy nazywają je błędami „wariacyjnymi”, gdyż w trakcie „serii pobudzeniowych”, gdzie bodźce następują jeden po drugim, O.B. nagle wstrzymuje się od reagowania, a w serii „hamulcowej” nagle naciska przycisk.

Jeśli sygnał natrafi na silne tło perseweracyjne lub antycypacyjne, to wywołane przezeń pobudzenie niespecyficzne natychmiast zostaje przełączone na tory



efektoryczne owego tła i następuje związana z nim reakcja. Z punktu widzenia instrukcji jest to bardzo często reakcja szybka, lecz błędna. Rozpoznanie sygnału wymaga od O.B. uwagi, wszelkie roztargnienie, działanie bodźców równoczesnych lub równoczesne wykonywanie innych czynności powoduje zwiększenie się liczby błędów, o wiele mniej odbija się bowiem na niespecyficznej funkcji bodźcowej niż na procesie rozpoznawania. Jeśli jednak działanie sygnału nie natrafia na żadne silniejsze tło określające, to bodziec działając na układ nerwowy, zanim jeszcze zostanie rozpoznany, powoduje aktywizację ogólną, przygotowawczą, nie przełączoną jeszcze na żaden tor efektoryczny. Ukierunkowanie reakcji następuje *ex post*, po rozpoznaniu bodźca. Reakcja jest prawidłowa, ale jej czas jest zwykle długi. Najlepiej jest, gdy reakcja jest z góry ukierunkowana przez odpowiednie tło, a więc mówiąc językiem psychologii, jeśli z góry przewiduje trafnie, jaki sygnał nastąpi za chwilę. Wtedy reakcja jest zarówno trafna jak i szybka, ponieważ nie wymaga uprzedniego rozpoznania bodźca. Tłumaczy to różnicę w liczbie błędów popełnianych w reakcji na bodźce „pobudzeniowe” i „hamulcowe”. Bardzo ważna jest także okoliczność, że przy działaniu wszelkich bodźców, bez względu na ich pozytywny czy negatywny, „pobudzeniowy” czy „hamulcowy” charakter, działa mechanizm niespecyficzny. Dlatego reakcje pozytywne są uprzywilejowane.

Te nieco bardziej szczegółowe rozważania oparte na badaniach eksperymentalnych przytoczono dlatego, że w pracy typu operatorskiego tego rodzaju czynności występują dość często, a także dlatego, że we wszystkich klasyfikacjach błędów mówi się o błędach polegających na tym, że czynność została wykonana przedwcześnie lub że wykonano nie tę czynność, którą należało wykonać (błąd oparty na mechanizmie fałszywej antycypacji) oraz że wykonano czynność, od której właśnie należało się powstrzymać (błędy oparte na mechanizmie perseweracji). Przykładem takich czynności są czynności kierowcy samochodu, któremu zdarza się, że zamiast zdjąć nogę z pedału gazu mocniej go naciska popełniając błąd, a czasem powodując wypadek.

*Procesy poprzedzające wystąpienie stanu uwagi* wiążą się ze wspomnianym poprzednio stanem gotowości do reagowania lub przyjmowania bodźców. Badania na ten temat prowadzono w laboratorium D.E. Broadbenta (1977). Wykazano w nich, że napływające do człowieka bodźce są agregowane wstępnie w pewne całości, tak aby za pomocą uwagi można było wybrać w stosownej chwili taką właśnie kompletną całość. Są także dowody na to, że efekty semantyczne, wynikające z kontekstu treściowego, częstości słów lub tonu emocjonalnego, mają różne miejsca w systemie percepcyjnym. Wyniki te sugerują, że proces przetwarzania informacji składa się z dwu etapów i dwu form: wcześniejszego, biernego i globalnego analizowania informacji przez korę mózgową oraz późniejszego, aktywnego i bardziej szczegółowego procesu analizy.

Zapewne na przebieg tych dwu etapów analizy ma wpływ osobiste nastawienie i motyw człowieka, powinny więc być brane pod uwagę przez badacza.

Powstaje pytanie - jakie to ma znaczenie dla zrozumienia mechanizmu błędów? Otóż takie, że analizując błędy tzw. nieuwagi, o których mówi się najczęściej przy analizie zarówno pracy operatora jak i innych rodzajów pracy, mogą być skutkiem błędów powstających na etapie bardziej globalnego agregowania informacji docierającej do człowieka z otoczenia. Agregacja ta może być dokonywana na zbyt szerokiej podstawie, może być związana z mniej lub bardziej trwałymi cechami człowieka (*pro biases*). Proces wstępnego przygotowania uwagi jest pewną analogią do antycypacji (prawdziwej lub fałszywej) przyszłego stanu rzeczy, o którym wspomniano przy okazji omawiania mechanizmu perseweracji i antycypacji. Jest on niezbędny do selekcji i filtracji informacji zawartych w „wodospadzie” informacji, jaki spływa na człowieka z otoczenia.

Z pojęciem uwagi nierozzerwalnie wiążą się takie pojęcia jak: aktywacja, czujność, gotowość, selektywność percepcyjna, nastawienie, oczekiwanie, itp. Ponieważ uwaga spełnia funkcję utrzymania w świadomości określonej treści tak długo, aż dany cel działania zostanie osiągnięty, powstaje pytanie, co się dzieje z napływającymi do człowieka informacjami w czasie skupienia uwagi na zadanej czyn-

ności. Otóż pewna liczba błędów pojawia się właśnie dlatego, że człowiek nie jest w stanie kontrolować za pomocą uwagi dwu lub więcej strumieni informacji. Ruchliwość uwagi, tj. zdolność człowieka do sukcesywnego przenoszenia jej z obiektu na obiekt, nie jest tym samym co zdolność do jednoczesnego utrzymania w świadomości dwu niezależnych, równoległe pojawiających się celów i kontrolowania czynności do nich prowadzących. Zagadnienie to jest znane w psychologii pod nazwą hipotezy jednokanałowego przewodnictwa (A.T. Welford 1980).

Hipotetyczna *zasada jednokanałowego przewodnictwa* ma szczególne znaczenie przy wyjaśnianiu błędów polegających na opuszczaniu sygnałów (bądź reakcji na nie) oraz błędów tzw. filtrowania (tj. odbierania jednych sygnałów, a przepuszczania innych), nienadążania za pojawiającymi się sygnałami, rezygnacji z wykonywania czynności.

Hipoteza ta została stworzona przez K.W.J. Craika (1947) w wyniku długiej serii badań nad tzw. fazą psychologicznej refrakcji (C.N. Telford 1931) (regulacją ruchów ręki wykonywanych przez operatora w czasie operacji śledzenia poruszającego się celu), a następnie badań nad jej rolą w procesie przetwarzania informacji przez człowieka. Doprowadziło to do stworzenia teorii uwagi jako najbardziej ogólnej teorii psychologicznej wiążącej fakty dotyczące percepcji oraz regulacji aktów motorycznych człowieka (D.E. Broadbent 1958, 1977, P. Bertelson 1966).

Poszukując przyczyn tzw. przerywalności (*intermittency*) w procesie ruchów ręki podążającej za poruszającym się w sposób ciągły sygnałem, Craik wysunął hipotezę, że za owe rozbieżności odpowiedzialne jest istnienie psychologicznej fazy refrakcji jako pewnej analogii do fazy refrakcji fizjologicznej (C.N. Telford 1931), która trwa 0,5 sek. i jeśli w tym czasie pojawi się bodziec, to nie pojawi się reakcja lub pojawi się, ale jako reakcja spóźniona. Analogia ta nie była zbyt szczęśliwym pomysłem, gdyż podobieństwo między reakcją nerwu i reakcją psychiczną nie jest pełne. Refrakcja fizjologiczna jest procesem powracania nerwu do stanu poprzedniej sprawności (*recovery*), trwa znacznie krócej niż refrakcja psychologiczna i odpowiedzialny jest za nią centralny układ nerwowy, przygotowujący się do przetworzenia bodźca w reakcję. Analogia ta okazała się jednak pożyteczna, gdyż podjęto wiele badań (na temat których istnieje bogata literatura - patrz A.F. Sanders 1967), które przyczyniły się do postawienia wielu hipotez wyjaśniających mechanizm regulacyjny nie tylko reagowania prostego oraz innych reakcji sensomotorycznych, lecz także zasady funkcjonowania centralnego układu nerwowego w procesie przetwarzania napływającej do mózgu informacji. Wyodrębniono trzy stadia opracowywania informacji: percepcję bodźca, wybór reakcji oraz kontrolę programu ruchowego reakcji. Czas potrzebny na odbiór bodźca jest znacznie krótszy niż czas niezbędny na dokonanie wyboru reakcji. Jeśli więc kolejny sygnał następuje w momencie owego wyboru reakcji, który jest złożonym procesem przetwarzania informacji (*computing process*), to jest chroniony przed interferencją kolejnego bodźca dzięki temu, że istnieje coś w rodzaju furtki strzeżonej na wejściu układu. K.J.W. Craik nazwał tę furtkę „przełącznikiem” (*switching system*). Jest ona zamknięta w czasie, gdy następuje przekazanie danych z układu percepcyjnego do motorycznego i otwiera się w momencie, gdy ów przekaz jest zakończony.

Hipotezę tę sprawdzano za pomocą metodyki czasu reakcji na dwa następujące po sobie bodźce: S1 i S2, przy czym główną zmienną niezależną był czas między nadaniem pierwszego i drugiego bodźca, czyli interwał. Zakłada się, że w centralnym układzie nerwowym istnieje sprzężenie zwrotne, które sygnalizuje, że poprzednia reakcja została zakończona. W wyjaśnianiu hipotezy jednokanałowego przewodnictwa mechanizm sprzężenia zwrotnego odgrywa szczególną rolę. Polega ona na tym, że w tym interwale następuje sprawdzenie, czy w procesie reagowania nie został popełniony błąd. Przy wykonywaniu takich czynności jak pisanie na maszynie lub przepisywanie, sygnał sprzężenia zwrotnego musi być porównywany z danymi „na wejściu”; wszelkie odchylenia od tego, co zostało zrobione, a co w następnej chwili trzeba zrobić, zatrzymują czynności i człowiek jest zmuszony do poszukiwania miejsca, w którym pojawił się błąd.

Rolę sprzężenia zwrotnego potwierdziły badania z odroczonego o 0,5 sek. okresem kontroli efektów pisania (za pomocą urządzeń TV). Badania takie prowadził W.M. Smith i in. (1980) oraz R.A. Chase i in. (1961). Były to badania nad rolą sprzężenia zwrotnego w percepcji sygnałów słuchowych nadawanych w postaci sygnałów alfabetu Morse'a; odroczenie wyniosło 0,25 sek. W czasie odroczenia informacji wzrokowej o 0,5 sek. następowało powtarzanie przez O.B. liter już napisanych, co wskazywało na to, że „rozkaz” pisania wydany przez centralny układ nerwowy jest efektywny do momentu, gdy wzrokowy *feedback* potwierdzi, że rozkaz został wykonany i można kontynuować czynność.

Dalsze badania prowadzono za pomocą tzw. podwójnych zadań (*dual tasks*) mających duże znaczenie przy określaniu psychicznego obciążenia pracą. W większości eksperymentów zadania były prezentowane badanym osobom jednocześnie, lecz w ten sposób, że zadanie pierwsze wymagało głównie uwagi (zadanie główne), a zadanie drugie wywoływało koncentrację uwagi tylko wówczas, gdy pierwsze pozostawiało „luzy”. Pierwsze zadanie uważano za takie, które wzięte oddzielnie nie zajmuje całkowicie pojedynczego kanału informacyjnego, dopiero gdy pojawia się zadanie dodatkowe, ów „zapas” pojemności kanału zostaje przez układ nerwowy wykorzystany. Powstaje pytanie, czy zadanie główne zajmuje pojedynczy kanał w sposób ciągły, lecz w danym momencie nie całkowity, czy też zajmuje go w sposób całkowity w danej chwili, ale w danym odcinku czasu ma charakter przerywany, sprawiając, że ów „zapas” pojemności ujawnia się w postaci luk.

Jeśli to wyjaśnienie jest trafne, to pojemność kanału informacyjnego może być podzielona na dwa zadania przebiegające równolegle. W pracy D.A. Allporta i in. (1972) wykazano, że może to mieć miejsce wtedy, kiedy przy wykonywaniu zadań zaangażowane są dwa różne analizatory zmysłowe (np. słuch i wzrok), a kanały wyjściowe także są niezależne (np. aparat artykulacyjny i ręce). Okazuje się, że w takim przypadku nie ma wyraźnej interferencji między powtarzaniem fragmentu prozy odbieranej słuchowo i zapamiętywaniem oglądanych zdjęć lub grą na pianinie ze słuchu. Opinie na temat, w jaki sposób odbywa się „podział” uwagi przy wykonywaniu dwu zadań oraz jak zachowuje się pojedynczy kanał informacyjny, były i są podzielone. Jeśli prawdziwa jest hipoteza o „przerywanym” charakterze pracy pojedynczego kanału informacyjnego, obciążenie pierwszym i drugim zadaniem wziętymi oddzielnie oraz wziętymi razem powinno być obliczane podobnie, jak oblicza się czas w eksperymentach z czasem reakcji.

Empiryczny wskaźnik obciążenia podwójnym zadaniem zaproponowali J.A. Michon (1964) oraz J.A. Michon i A. Van Doorne (1967) opierając się na eksperymentach, w których zadanie dodatkowe polegało na naciskaniu pedału w interwałach od 0,5 do 1,0 sek., które O. B. starała się wykonywać z maksymalną regularnością. J.A. Michon zauważył, że interwał między kolejnymi naciśnięciami pedału jest bardzo czułym wskaźnikiem interferencji między pierwszym i drugim zadaniem. Zaproponował też, aby aktywność typu tapping mierzono za pomocą średniej różnicy między interwałem poprzednim a następnym:

$$\text{poziom wykonania tappingu} = \sum_{t_i=1}^{N-1} \frac{t_i - t_{i-1}}{N-1} \cdot \frac{1}{\bar{t}}$$

gdzie:  $t_i$  - każdy interwał od 1 do  $N-1$  wzięty kolejno  $\bar{t}$  - średni interwał.

J.A. Michon zaproponował wskaźnik obciążenia pracą umysłową:

wskaźnik obciążenia = różnica między poziomem tappingu z zadaniem głównym i bez zadania głównego / poziom tappingu bez zadania głównego

Mimo pewnych zastrzeżeń co do strategii, jaką rozwija osoba badana, aby poradzić sobie z dwoma zadaniami naraz, technika podwójnych zadań jest uważana za dobry sposób oceny obciążenia, jakie wywołuje określone zadanie, oraz oce-

ny różnic między zadaniami, co - jak wiadomo - zawsze było w psychologii pracy problemem ważnym, lecz trudnym do rozwiązania.

*Mechanizm podejmowania decyzji* (zarówno w aspekcie decyzji sensorycznych w rozumieniu J.A. Swetsa, W.P. Tannera i T.G. Birdsalla - twórców teorii detekcji sygnałów, jak i w rozumieniu przyjętym w klasycznej teorii decyzji). W ramach tej teorii opisano w sposób matematyczny zachowania się operatora w procesie czuwania i śledzenia poruszającego się obiektu i ich zastosowanie w teorii kontroli jakości (C.G. Drury i J.G. Fox 1975), która jest uważana za analogię procesu czuwania. W czynnościach tych operator popełnia dwa typy błędów w czasie podejmowania decyzji o tym, czy obiekt pojawił się, czy nie (czuwanie) lub też czy obiekt jest zgodny ze standardem, czy też nie (kontrola jakości). Są to błędy:

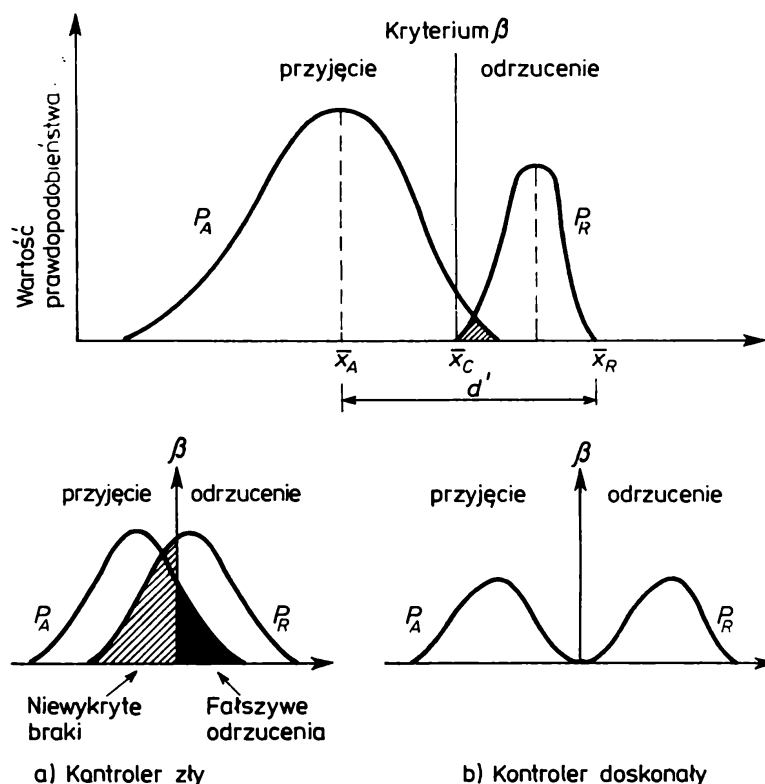
- niewykrycie, niedostrzeżenie obiektu, gdy się on w rzeczywistości pojawił (lub niedostrzeżenie, że jest wybrakowany),
- fałszywy alarm, tj. wykrycie sygnału, gdy w rzeczywistości się on nie pojawił (lub zakwalifikowanie dobrze wyprodukowanego wyrobu jako wybrakowanego).

Te dwa stwierdzenia prowadzą wprost do teorii podejmowania decyzji. Człowieka traktuje się jako ułomny detektor sygnałów. Buduje on w swym układzie nerwowym dwa rozkłady aktywności. Jeden z nich odnosi się do prawdopodobieństwa akceptacji obiektu ( $P_a$ ), drugi do prawdopodobieństwa odrzucenia obiektu ( $P_r$ ). Stopień odseparowania tych dwu rozkładów jest miarą wrażliwości percepcyjnej operatora (czuwającego w oczekiwaniu na sygnały lub dokonującego kontroli). Jest on oznaczony symbolem  $d'$  i można go opisać matematycznie. Fizycznie biorąc, taka wrażliwość jest uwarunkowana wyćwiczeniem w dostrzeganiu i różnicowaniu przedmiotów wybrakowanych i niewybrakowanych, w ocenianiu prawdopodobieństwa ich pojawiania się oraz zapewnieniem standardowych, ergonomicznie prawidłowych warunków pracy. Przewiduje się wystąpienie dwu hipotetycznych rozkładów, częściowo się pokrywających. Należy więc określić tzw. poziom kryterialny, który wyznaczy granicę między obiektami odrzuconymi i przyjętymi. Mimo to zawsze część obiektów dobrych zostanie odrzuconych, a część złych przyjętych.

Poziom kryterium (*criterion level*) wprowadza inną miarę matematyczną, a mianowicie stosunek prawdopodobieństwa, który odnosi się do względnych kosztów i wartości fałszywych odrzuceń oraz prawidłowych akceptacji, nazywany najczęściej kryterium fi. Trzeba przyjąć założenie, że rozkłady  $P_a$  i  $P_r$  mają równe wariancje. Wartość opisowa, wyjaśniająca i predyktywna modelu jest oczywista. Nie można oczekiwać 100% wykryć obiektów niewłaściwych (braków w przypadku kontroli jakości).

W normalnych warunkach pracy poprawę poziomu wykrywania braków można osiągnąć tylko za cenę wzrostu, liczby „fałszywych alarmów”, czyli nieprawidłowych aktów identyfikacji. Jeśli znane są matematyczne własności modelu, to można podstawić wartości liczbowe prawdziwych oraz fałszywych odrzuceń w danej sytuacji i przewidzieć wyniki zachowania się operatora.

Rysunek 2.2 przedstawia zastosowanie teorii wykrywania sygnałów do wyjaśnienia liczby podjętych decyzji operatora jako „fałszywych” odrzuceń (alarmów).



a) Kontroler zły                      b) Kontroler doskonały

$P_A$  – prawdopodobieństwo przyjęcia (akceptacji detalu);  $P_R$  – prawdopodobieństwo odrzucenia (dyskwalifikacji detalu);  $\bar{x}_A$  – średnia liczba przyjętych detali;  $\bar{x}_R$  – średnia liczba odrzuconych detali;  $\bar{x}_C$  – średnia kryterialna;  $d'$  – wrażliwość kontrolerą (*discriminability*)

Rys. 2.2. Teoria wykrywania sygnałów zastosowana do „falszywych odrzuceń”

Źródło: C.G. Drury, J.G. Fox 1975

Wielu badaczy prowadziło badania nad wpływem prawdopodobieństwa na ocenę niepewności (*uncertainty judgement*) w ramach klasycznej teorii decyzji. Przegląd tych badań znajduje się w pracy W.C. Howella (1981), a szczegółowe badania nad błędami popełnianymi w odpowiedzi na sygnały pojawiające się w nieregularnych odstępach czasu opisano w pracy: O.M. Harnett, V. Walesa (1975).

Błędnych decyzji, jako mechanizmu błędnych czynności, nie da się jednak w pełni wyjaśnić ani na podstawie hipotezy, że psychika działa na zasadzie ułomnego aparatu statystycznego (którego działanie odchyła się od modelu normatywnego przyjętego w teorii decyzji), ani na podstawie hipotezy o ograniczonej pojemności informacyjnej pojedynczego kanału, jak głosi A.T. Welford. Wraz z upływem czasu (już po upływie 30 minut) wykonywania każdej niemal czynności, a czynności czuwania i śledzenia w szczególności, rośnie liczba obserwowanych błędów, a spadek efektywnych identyfikacji obiektów dochodzi do 40% nawet u dobrze wyszkolonych kontrolerów, a przecież pracują oni bez przerw w okresach dłuższych niż 30 minut. Pojawia się tu nowe zagadnienie, które nazwano mechanizmem dezautomatyzacji wprawy pod wpływem zmęczenia.

Automatyzacja czynności jest jednym z trzech sposobów przezwycięzania trudności pojawiających się w toku działania (dwa pozostałe sposoby to sensybilizacja, tj. uwrażliwienie, oraz werbalizacja, tj. uświadomienie sobie za pomocą nazywania czynności i zdarzeń pojawiających się w toku działania). Automatyzacja pojawia się tam, gdzie występuje stałość układu i stałe następstwo bodźców i reakcji. Przy największej wprawie (większym stopniu zautomatyzowania czynności) człowiek w ogóle przestaje uświadamiać sobie działanie wielu stałych bodźców, które

jednak zachowują działanie regulacyjne. Sytuacja bodźcowa upraszcza się w miarę nabywania wprawy głównie przez wypadanie niektórych bodźców, wypadanie niektórych ruchów pomocniczych oraz przez łączenie wielu elementów pierwotnych w większe całości. Za pomocą nazwy można ująć całe kompleksy bodźców i czynności tworząc funkcjonalne jednostki. Automatyzacja dotyczy więc dwu poziomów regulacyjnych: sensoryczno - motorycznego i świadomego, słownego. Ten podwójny mechanizm automatyzacji czynności pozwala przezwyciężyć jedno ze źródeł błędów, jakim jest *zmiennosc* sytuacji bodźcowej<sup>10</sup>.

*Dezautomatyzacja* czynności następuje nieuchronnie przy wykonywaniu wszelkiej pracy, lecz przy czynnościach złożonych jest bardziej widoczna niż przy czynnościach prostych. Szczegółowe badania na ten temat prowadził L. Paluszkievicz (1969). Wykazał on, że zmęczenie, olśnienie i niektóre inne czynniki zakłócające pracę wyraźnie obniżają wprawę w odczytywaniu wskazań urządzeń wskaźnikowych. Niestety, brak jest szczegółowej wiedzy na temat wpływu czynników dezautomatyzujących wprawę w wielu ważnych czynnościach.

Dezautomatyzacja powoduje zwiększenie udziału świadomości. W takiej sytuacji proste czynności wydają się człowiekowi bardzo złożone, a w skrajnych przypadkach następuje fiksacja na jakiejś części czynności lub dochodzi do zaprzestania pracy. Wówczas ważne sygnały mogą pozostawać bez odpowiedzi, a mniej ważne wywołać paradoksalną, silną lecz niedokładną, reakcję. Dezautomatyzacja wprawy jako przeciwieństwo procesu jej nabywania jest prawdopodobnie procesem bardziej złożonym, niż wynikałoby to z analizy polegającej na wyliczeniu pogarszających się parametrów zewnętrznych czynności: szybkości i dokładności. Ponadto może ona do pewnego stopnia odgrywać pozytywną rolę w działaniu i jego korekcji, np. przez wymaganie zwrócenia większej uwagi na pewne kluczowe momenty wykonania czynności, co może być ważne szczególnie w sytuacjach zagrożenia lub zakłóceń normalnego toku pracy. Można przypuszczać, że dezautomatyzacja wprawy jest ściśle związana z zaburzeniami w *hierarchizacji* struktur regulacyjnych czynności.

Hierarchizację omówimy w rozdziale dotyczącym mechanizmów regulacyjnych czynności. O strukturach regulacyjnych będzie mowa w rozdziale 5, dotyczącym psychicznej regulacji czynności operatorskich.

Sumując to, co zostało powiedziane w całym rozdziale, warto podkreślić, że błędy należy tropić wszędzie, a szczególnie:

- gdy ich skutki są najpoważniejsze i prowadzą do drastycznie negatywnych konsekwencji (wypadki, awarie, katastrofy itp.);
- gdy stanowią wskazówkę i pomoc przy zdobywaniu dodatkowej wiedzy, wprawy, doświadczenia, gdzie na błędach można się uczyć, a zwłaszcza zrozumieć prawidłowości rządzące procesem uczenia się i regulowania zachowań człowieka;
- w nowych rodzajach czynności (które powstały w związku z rozwojem techniki), gdzie przedmiot pracy znajduje się poza zasięgiem zmysłów i rąk człowieka oraz wymaga przetworzenia skomplikowanej informacji (praca z tzw. modelami informacyjnymi sterowanych obiektów);
- we wszystkich nowych dla współczesnego człowieka sytuacjach, gdzie powstają jakiekolwiek zagrożenia dla jego życia, zdrowia i innych wartości, tj. tam, gdzie bezpieczeństwo otoczenia człowieka staje się wartością samą w sobie; błąd innych ludzi jest wówczas dostrzegany jako czynnik niepewności i zagrożenia.

Koszty nowoczesnej techniki są we współczesnym świecie coraz wyższe, lecz koszty związane z zawodnością człowieka, jako integralnego ogniwa współpracującego z wytworami techniki, mogą okazać się tak wysokie, że nie starczy środków

<sup>10</sup> Por. T. Tomaszewski 1959, s. 258-267.

na ich pokrycie. Zarówno wyobrażalne jak i niewyobrażalne konsekwencje ludzkich błędów powinny być wystarczającym uzasadnieniem konieczności ich badania. Ważne jest jednak, aby nie koncentrować się tylko na negatywnych aspektach błędów, lecz dostrzegać również ich pozytywną rolę w przystosowywaniu się człowieka do zmiennych i zmieniających się warunków otoczenia. Człowiek jest także swego rodzaju korektorem otoczenia, gdyż łączy w sobie unikalne cechy sprawiające, że koszty jego przystosowania są stosunkowo niskie, a jakość logiki przystosowania - wysoka.

### 3. WIEDZA O ZAKRESIE PSYCHICZNYCH MOŻLIWOŚCI CZŁOWIEKA JAKO PODSTAWA PRZEWIDYWANIA BŁĘDÓW

Pojęcie możliwości człowieka jest trudne do zdefiniowania w jednoznaczny sposób. Najczęściej jest ono używane jako synonim zdolności, umiejętności lub sprawności, jaką ma każdy obiekt, w tym także człowiek. Gdy jednak analizujemy pojęcie możliwości w odniesieniu do człowieka, powstają dodatkowe trudności definicyjne. Dzieje się tak z dwu powodów.

Jednym jest fakt, że człowiek jako przedmiot obiektywnej analizy jest równocześnie podmiotem procesów i działań, które się analizuje, tzn. sam jest podmiotem własnych możliwości. Na przykład ma dobry wzrok, czyli ma możliwość dokładnego spostrzegania przedmiotów, ma dobry słuch, a więc dysponuje możliwością dokładnego różnicowania dźwięków. Jednocześnie może zdawać sobie sprawę z tego, że ma dobry wzrok, dobry słuch, sprawne dłonie itp. Człowiek, który zdaje sobie sprawę z tych swoich obiektywnych możliwości, jest bogatszy, jego możliwości są jak gdyby większe niż w przypadku, gdy nie zdaje sobie z tego sprawy.

Drugim powodem trudności definicyjnych jest względność każdej cechy człowieka, która może się stać możliwością (np. działania) w zależności od kontekstu sytuacyjnego, w jakim znajdzie się człowiek. Definicja możliwości wymaga wówczas określenia owego kontekstu sytuacyjnego, zwłaszcza celów lub zadań, jakie z tego kontekstu wynikają. Wówczas pojęcie możliwości człowieka nieco się rozszerzy; będą to nie tylko jego właściwości jako takie, lecz także środki znajdujące się w otoczeniu, które posłużą mu do osiągnięcia celu. Mogą to być przedmioty materialne i niematerialne (idee, pomysły, metody itp.), a także inni ludzie (np. współpracownicy).

Poniżej będzie mowa o możliwościach człowieka w sensie posiadania przez niego wyróżnionych cech, które są przedmiotem badań psychologicznych, mających znaczenie dla działania człowieka. W każdym działaniu człowieka, w tym w pracy zawodowej, rozróżnia się cechy, które mają znaczenie dla wykonywania wszelkiej pracy, oraz cechy wymagane przy niektórych, specyficznych rodzajach pracy. Te pierwsze to możliwości *ogólne*, takie jak: stan fizyczny, poziom umysłowy, poziom kulturalny, poziom moralny człowieka. Możliwości *specyficzne* to wiedza i umiejętności fachowe (np. posiadanie absolutnego słuchu w przypadku zawodu dyrygenta, muzyka czy krytyka muzycznego).

Analizując pojęcie możliwości człowieka należy omówić ich trzy właściwości:

1. *Instrumentalność* (wskazać cel, któremu ma służyć dana cecha, przy czym cel ten może być postawiony przez człowieka wobec samego siebie, może być sformułowany przez innych ludzi lub też wynikać z kontekstu sytuacyjnego).
2. *Potencjalność* (określić prawdopodobieństwo wykorzystania danej cechy, posłużenia się nią w konkretnej sytuacji działania).
3. *Stopień bezpośredniości* osiągnięcia celu za pomocą danej cechy (określić odroczenie w czasie lub natychmiastowość osiągnięcia celu za pomocą danej cechy).

Subiektywne poczucie możliwości działania za pośrednictwem własnych cech nazywa się poczuciem sprawstwa. Poczucie to staje się obiektywnym czynnikiem stylu działania, uzyskiwania wyników oraz subiektywnie odczuwanego zadowolenia z aktywności.



Cechy człowieka składające się na zakres i treść jego możliwości mają charakter wrodzony oraz nabyty (dzięki uczeniu się i socjalizacji). Zarówno cechy wrodzone jak i cechy nabyte mogą mieć mniej lub bardziej stały charakter. W analizie możliwości człowieka z punktu widzenia niezawodności działania będą rozpatrywane właściwości względnie stałe (cechy) oraz zmienne (stany). Przy czym między cechami i stanami zachodzą różnorodne, nieraz złożone, powiązania determinujące ostateczny charakter działania człowieka i jego wyników, zarówno pożądaných jak i niepożądanych. Na przykład człowiek w stanie lęku, nawet wówczas, gdy cechuje go ogólnie wysoki stopień inteligencji (cecha względnie stała), zachowuje się w sposób niezborny. Hipotezy na temat stanu rzeczy i otoczenia, które wówczas formułuje, są dalekie od stanu rzeczywistego i niespójne, a podjęte na ich podstawie działania - błędne. D.R. Davis (1958) dowiódł, że lęk u pilotów wpływa na formułowanie fałszywych hipotez, przy czym znaczenie ma również poziom lęku. Niski i wysoki poziom lęku utrzymuje i utrwala u pilota fałszywą hipotezę o stanie otoczenia: pojawiające się sygnały są interpretowane zgodnie z hipotezą i prowadzą do utrwalenia przekonania o jej prawidłowości, co z kolei prowadzi do chwilowego obniżenia lęku (mechanizm samoobrony) i stwarza nierealistyczne nadzieje.

Podobnie przejściowy stan zmęczenia powoduje obniżenie sprawności w pracy; zależy to jednak równocześnie od względnie trwałej cechy, jaką jest odporność na zakłócenia i zdolność do długotrwałego wysiłku. Stan silnego napięcia motywacyjnego zmniejsza efekty małej wydolności człowieka, która jest cechą względnie trwałą. Przykładów owych złożonych powiązań między cechami i stanami człowieka można znaleźć więcej. Na temat szczegółowych badań będzie mowa w kolejnych podrozdziałach tego rozdziału.

Wiedza o treści i zakresie możliwości człowieka jest niezbędna do:

- kształtowania środowiska, tak aby było ono dostosowane do tych możliwości,
- do zapewnienia warunków rozwoju tych możliwości, aby nie były one ignorowane, marnowane lub, w najlepszym wypadku, niewykorzystywane.

Możliwości człowieka to główne determinanty wysokiego prawdopodobieństwa sukcesu w każdym działaniu. Dlatego też wiedza dotycząca zdolności i uzdolnień człowieka jest podstawą przewidywania powodzenia zawodowego oraz doradztwa w zakresie wyboru zawodu. Rozwój zdolności i uzdolnień jest celem każdego systemu edukacyjnego, leży u podstaw tworzenia każdej formy kształcenia i doksztalcania człowieka. Poznanie aktualnych możliwości przez diagnozę psychologiczną jest zarazem podstawą prognozy ich rozwoju.

W pracy tej wiedza o możliwościach człowieka będzie rozpatrywana z punktu widzenia jej użyteczności w procesie przewidywania błędów, uchybień, potknięć itp. nieprawidłowości w działaniu, które są zdarzeniami niepożądanymi.

Zajmiemy się kolejno możliwościami człowieka jako jego cechami względnie trwałymi oraz stanami jako cechami zmiennymi. Do cech względnie trwałych zaliczymy temperament i osobowość oraz rutynę, a do cech zmiennych, czyli stanów - zmęczenie (obiektywne i subiektywne), stres oraz nastawienie.

Zarówno cechy jak i stany są stopniowalne (mogą występować w stopniu niskim lub wysokim), dzięki czemu istnieje możliwość porównywania ludzi oraz tworzenia pomiaru. Możliwość stopniowania zarówno cech jak i stanów pozwala wyznaczać granice poszczególnych rodzajów możliwości człowieka (zakresy). Dolna granica możliwości to zazwyczaj jakaś progowa wartość bodźca (cechy fizycznej lub pytania testowego), którą człowiek spostrzega lub na którą reaguje. Możliwość wprowadzania analogii do progów różnicy pozwala tworzyć jednostki na skalach pomiarowych. Górna granica możliwości to maksymalna wielkość bodźca, którą człowiek jest jeszcze w stanie dostrzec, zrozumieć, przyswoić sobie *etc.* Zarówno górna jak i dolna granica świadczy o zakresie maksymalnych możliwości człowieka. Swego rodzaju sukcesem jest dostrzeżenie bodźca o wartości bliskiej dolnego progu oraz zareagowanie na bodziec o maksymalnej wartości.

Podamy przykładowe granice możliwości w zakresie odbioru wrażeń. Zakres wrażeń słuchowych mierzony jest częstością drgań i wynosi 16-20 tys. Hz. Granice światła widzialnego wyznacza częstość drgań światła od 380 do 540 milimikronów. Czas reakcji prostej od 0,9 do 0,21 sek. Czas mimowolnych fluktuacji uwagi 0,5 sek. Tyleż wynosi czas psychologicznej refrakcji. Ważną wielkością jest zakres pamięci krótkotrwałej świeżej, którą określa tzw. prawo Millera: „Siedem plus minus dwa”, co oznacza, że człowiek w czasie jednorazowej ekspozycji bodźców (kolejno lub jednocześnie) jest w stanie zapamiętać maksymalnie 9 bodźców. Minimalny czas niezbędny do zapamiętania treści przechowywanej w pamięci długotrwałej wynosi od 5 do 10 sek. Człowiek może dokładnie identyfikować nie więcej niż 10-12 barw.

Analiza wpływu poszczególnych cech człowieka oraz ich konfiguracji na jego działanie w aspekcie niezawodności jest niezbędnym warunkiem tworzenia różnorodnych miar i wskaźników tej cechy działania, ale nie jest to warunek wystarczający. Potrzebna jest także wiedza o czynnikach zewnętrznych, czyli o cechach środowiska i sytuacji, oraz o wzajemnych powiązaniach między tymi dwiema grupami czynników.

W zależności od konkretnego celu badań można tworzyć różne modele eksperymentów lub badań terenowych. Są takie rodzaje pracy, w których chodzi o utrzymanie wysokiej niezawodności działania przez okres kilkunastu czy kilkudziesięciu minut (np. start lub lądowanie w przypadku pracy pilota) oraz takie rodzaje pracy, w których poziom sprawności i niezawodność należy utrzymać przez dłuższy okres - przez wiele godzin, a nawet dni (np. czuwanie).

Czasem może nam zależeć na poznaniu wpływu cech człowieka, czy określonej cechy wziętej oddzielnie, a czasem na poznaniu wpływu, jaki na działanie człowieka mają jego stany. Można przypuszczać, że przy każdym rodzaju czynności konfiguracja owych cech i stanów, które determinują ich przebieg, będzie inna. Dotychczas jednak wiedza taka nie istnieje. Próby podejmowane przez badaczy sprowadzają się do tego, że badanie rozpoczyna się od analizy rzeczywistych czynności wykonywanych w naturalnych warunkach (profesjografia), a następnie modeluje się odpowiednio sytuacje w laboratorium. Tę drugą drogę obrał np. Z. Bureš (1979). Liczba w ten sposób analizowanych czynności jest jednak stosunkowo niewielka (czynności motorniczych, maszynistów, nawigatorów, pilotów i dyżurnych ruchu oraz operatorów elektrowni), a ponadto analizy te są niepełne.

Sumując, można powiedzieć, że zakres maksymalnych możliwości człowieka w poszczególnych dziedzinach funkcjonowania psychicznego odzwierciedlają prawa psychologiczne, natomiast możliwości indywidualne są określane za pomocą przyrównania cech indywidualnych do wielkości opisanych przez prawa i dotyczących tzw. normy. Zakres indywidualnych różnic w każdej dziedzinie działalności i w odniesieniu do każdej funkcji psychicznej jest ogromny. To spostrzeżenie legło u podstaw doboru ludzi do zadań. Wysokie wymagania mogą być spełnione przez osoby cechujące się większymi możliwościami. Należy jednak pamiętać, że człowiek ma ogromne możliwości w zakresie ich kształtowania i rozwijania oraz że nie ma raz na zawsze ustalonej optymalnej konfiguracji cech. Nie jest ważne czy człowiek w każdej dziedzinie i w każdym zakresie osiągnął wysoki stopień rozwoju danej cechy, lecz czy potrafi skompensować braki jednej z nich zaletami innej. Będzie o tym mowa w kolejnych podrozdziałach tego rozdziału.

### **3.1. Względnie stałe charakterystyki człowieka (cechy)**

Względnie stałe charakterystyki człowieka nazywa się jego cechami. Podkreśla się względność stałości, gdyż każda cecha ulega zmianom w związku z rozwojem,

uczeniem się, starzeniem itp. Jednak z punktu widzenia niezawodności działania takie cechy jak temperament, osobowość czy rutyna oparta na trwałym przyzwyczajeniu to bez wątpienia właściwości ulegające tak niewielkim zmianom, że praktycznie można je uznać za swoisty *constans*, za niezmienniki.—

Do względnie stałych cech człowieka, których wpływ był badany z punktu widzenia niezawodności jego działania, zaliczymy temperament i typ układu nerwowego, jako biologiczną podstawę indywidualnych różnic determinujących z kolei różnice w typach osobowości, a osobowość oraz przyzwyczajenia i rutynę jako cechy trwale nabyte.

Ta względność stałości cech człowieka odzwierciedlona jest również w fakcie, że niektóre zjawiska psychologiczne traktuje się, z jednej strony, jako pochodne stanów, z drugiej zaś, jako pochodne trwałych cech. Na przykład mówi się o lęku jako przejawie określonych stanów oraz określonych cech, o reaktywności jako cennie oraz stanie układu nerwowego, zapewniających szybkość reakcji na ukazujący się bodziec „tu i teraz”.

Na pytanie, jakie cechy i w jakim zakresie zmieniają się pod wpływem uczenia się, wykonywania pracy zawodowej itp. oraz na ile brak określonych cech trwałych można kompensować doskonaleniem innych funkcji, brak odpowiedzi. Natomiast praktyczne znaczenie ma odpowiedź na pytanie, z jakim typem zadań jest związana dana cecha, rozwiązywanie jakich typów zadań jest zdeterminowane posiadaniem danej cechy oraz jakie jest miejsce danej cechy w strukturze psychiki człowieka<sup>11</sup>.

### 3.1.1. Temperament i typ układu nerwowego

Cechy indywidualne człowieka, uwarunkowane charakterystyką procesów nerwowych, są następujące:

- siła pobudzania i hamowania,
- równowaga procesów pobudzania i hamowania,
- ruchliwość powyższych procesów,
- ich chwiejność (labilność).

Cechy te występują w określonych konfiguracjach i wyciskają piętno na sposobie wykonywania pracy zawodowej, choć różne zawody wymagają specjalnych cech temperamentalnych. M. Dmitriewa i in. (1979) uważają, że są to cechy, które ulegają najmniejszym zmianom w skali całego życia. Na podstawie badań empirycznych ustalono, że ta sama cecha w pewnych rodzajach prac może odgrywać rolę pozytywną, w innych zaś negatywną. Na przykład powolność w pracy korektora jest cechą pozytywną, a w pracy pilota - negatywną.

Niska reaktywność, tj. duża siła procesów nerwowych, determinuje niski poziom sprawności w pracy i dużą wrażliwość człowieka na różnorodne bodźce otoczenia. Duża inercyjność procesów nerwowych przejawia się w niskich wartościach wskaźników szybkości procesów nerwowych i w trwałości odruchów warunkowych.

Psychologowie współpracujący z B.M. Tiepłowem doszli do wniosku, że naturalne braki w obrębie jednej funkcji układu nerwowego są kompensowane przewagami w innych funkcjach, które także są ważne dla wykonywania czynności zawodowych. Różne typy układu nerwowego należy więc rozpatrywać niejako różne poziomy jego doskonałości, lecz jako różne sposoby dostosowywania się organizmu człowieka do otoczenia (B.M. Tiepłow 1961). Na przykład tkaczki charakteryzujące się wysoką ruchliwością procesów nerwowych wykonują zadania terminowo,

<sup>11</sup> Por. M. Dmitriewa i in. 1979, s. 39.

a tkaczki charakteryzujące się inercyjnością układu nerwowego chronią się przed nieoczekiwanymi sygnałami za pomocą napięcia uwagi. Wydajność pracy tkaczek obu typów może być bardzo duża.

W zależności od typu układu nerwowego w różny sposób kształtuje się relacja czynności planowania i czynności wykonawczych oraz czynności kontroli i czynności wykonawczych. Jeśli pracownik w sposób szczegółowy sporządza plan, to również w procesie jego wykonywania dokonuje ściślejszej kontroli, natomiast jeśli plan jest ogólnikowy, to również kontrola jest zmniejszona (M. Dmitriewa i in. 1979).

W pracy grupowej im bardziej osoby wchodzące w skład grupy różnią się pod względem temperamentu, tym ich praca jest bardziej efektywna. Ruchliwość procesów nerwowych zapewnia szybsze przystosowywanie się do nieoczekiwanych sytuacji i nowych zadań, inercyjność zaś zapewnia przystosowanie się do sytuacji mało zmiennych. Osoby o słabym typie układu nerwowego, dzięki dużej wrażliwości, w subtelny sposób reagują na słabe bodźce, których osoby o silnym typie układu nerwowego w ogóle nie spostrzegają.

Badania dotyczące wpływu temperamentu na wykonywanie pracy zawodowej były prowadzone przez B.M. Tiepłowa i jego licznych następców. Na szczególną uwagę zasługują badania K.M. Guriewicz i W.F. Matwiejewa (1969), którzy przeprowadzili wiele badań nad wpływem temperamentu na efektywność oraz niezawodność w pracy operatorów centralnych sterowni w elektrowniach. Badania dotyczące związku między cechami temperamentalnymi a niezawodnością działania człowieka prowadzili: W.D. Niebylicyn (1961), W.S. Mierlin (1973), E.A. Milerjan (1971, 1974). W Polsce badania nad związkiem między temperamentem a niezawodnością prowadzono głównie w laboratorium J. Strelaua; problemem tym zajmowali się: T. Klonowicz (1973 (a), 1984), A. Wichrowski (1984), B. Bazylewicz - Walczak (1985) oraz T. Rzepa (1980).

Badania T. Klonowicz (1973 (b)) świadczą o konieczności uwzględnienia indywidualnych różnic psychicznych w doborze operatorów na stanowiska pracy oraz przy poradnictwie w związku z wyborem zawodu. T. Klonowicz poszukiwała w swojej pracy formalnych wyznaczników przydatności zawodowej. Przedmiotem jej analizy była reaktywność jako jeden z podstawowych wymiarów temperamentu. Reaktywność wyznacza, w jaki sposób człowiek reaguje na otoczenie w tym sensie, że może zbliżać się lub oddalać od źródeł stymulacji, poszukiwać stymulacji o większej lub mniejszej sile, sytuacji niosących mniejszą lub większą ilość informacji, bardziej lub mniej zróżnicowanych. Reaktywność może być istotnym czynnikiem regulacji zachowania się człowieka w pracy, tj. wpływać zarówno na poziom wykonania zadań jak i na ogólne możliwości adaptacyjne człowieka, pozwalające mu przystosować się do danych warunków sytuacyjnych. W badaniach T. Klonowicz wskaźnikiem niezawodności była liczba błędów typu „fałszywy alarm” oraz „opuszczenie sygnałów” (o których była mowa przy okazji omawiania mechanizmów powstawania błędów).

Autorka (T. Klonowicz) zastosowała w badaniach trzy rodzaje stymulacji:

1. sytuacja uboga w stymulację - zastosowano tu wersję testu czuwaniowego Mackwortha,
2. sytuacja pośrednia (optymalna) - długa wersja testu arytmetycznego Krapelina, w której osoby badane same mogły regulować własne tempo dopływu bodźców, ich przetwarzania oraz ogólnie tempo pracy,
3. sytuacje bogate w stymulację - zastosowanie skomplikowanego testu do badania uwagi.

W wyniku badań stwierdzono, że dla jednostek silnie reaktywnych optymalna jest sytuacja uboga w stymulację oraz że jednostki te zawodzą w sytuacjach bogatych w stymulację. Zgodnie z koncepcją reaktywności, indywidualne różnice w tym zakresie są związane z różnicami w poziomie wrażliwości i wydolności

układu nerwowego. Optymalna dawka stymulacji zależałaby tym samym od poziomu reaktywności. Jednostki silnie reaktywne cechuje niższy próg pobudzenia wstępującego układu siatkowego, stąd są one bardziej wrażliwe na stymulację. Jednostki mało reaktywne, jako mniej wrażliwe, wykazują większe zapotrzebowanie na stymulację.

Wyniki tych badań świadczą o tym, że w zależności od poziomu reaktywności można przewidywać nie ogólną przydatność do zawodu operatora, lecz właśnie przydatność do wykonywania określonych funkcji, dominujących na danym stanowisku pracy. Można więc mówić o przydatności silnie reaktywnych osób do wykonywania zadań monotonicznych, mało zróżnicowanych z punktu widzenia cech bodźców i cech reakcji, o nieznacznym ładunku stymulacji. Innymi słowy, jednostki silnie reaktywne, odznaczające się zdolnością do szybkiego reagowania na bodźce słabe, nadają się na takie stanowiska operatorskie, które charakteryzują się takim właśnie rodzajem stymulacji. Funkcje te nazywa się często funkcjami obserwatora. Dla jednostek mało reaktywnych sytuację tego rodzaju są nieodpowiednie. Mimo ogromnego nieraz wysiłku adaptacyjnego osoby o niskim poziomie reaktywności często w takich sytuacjach zawodzą<sup>12</sup>.

Próbę sprawdzenia hipotezy o wpływie reaktywności na niezawodność w pracy przy wykonywaniu prostych zadań psychomotorycznych w dwu rodzajach sytuacji, a mianowicie w sytuacjach normalnych i trudnych, podjęła A. Brzozowska (1981). Celem badań było porównanie niezawodności działania w zakresie wykonywania zadań wymagających koordynacji sensomotorycznej na suporcie krzyżowym (suport krzyżowy służy do badania koordynacji wzrokowo - - ruchowej). Początkowo chodziło o stwierdzenie, czy w ogóle istnieje związek między typem układu nerwowego a niezawodnością człowieka przy wykonywaniu stosunkowo prostych zadań oraz - jeśli istnieje - czy jego charakter zależy od rodzaju sytuacji, tj. czy sytuacje trudne wpływają na wzrost liczby błędów, czy też nie.

W celu określenia siły pobudzenia, jako podstawowej cechy temperamentu, zastosowano kwestionariusz J. Strelaua, w wyniku czego uzyskano dwie 20-osobowe grupy osób: o silnym oraz o słabym typie układu nerwowego. Następnie obie grupy wykonywały typowe zadania testowe na suporcie krzyżowym, najpierw w sytuacji normalnej, a następnie w sytuacji trudnej. Mierzono czas wykonywania każdego zadania oraz liczbę błędów i czas trwania błędów (czas pozostawiania poza linią wzorca) dla każdej badanej osoby. Każda osoba dwukrotnie wykonywała zadania: w sytuacji trudnej oraz w sytuacji normalnej. Kolejność sytuacji dla każdej osoby była zmieniona w celu uniknięcia wpływu wyuczalności. Utrudnienie polegało na tym, że w czasie wykonywania zadania na suporcie badanym osobom polecano rozwiązywać proste zadania arytmetyczne polegające na dodawaniu liczb cyfrowych typu  $9+4$ ,  $8+3$ .

Analiza wyników dowiodła, że niezawodność działania osób niskoreaktywnych była wyższa niż osób wysokoreaktywnych, ale tylko w sytuacjach trudnych; osoby wykonujące podwójne zadania (utrudnienie) popełniały mniej błędów oraz czas błędów był krótszy niż u osób pracujących w sytuacji normalnej. W sytuacjach normalnych nie stwierdzono żadnych różnic między osobami o silnym i słabym typie układu nerwowego.

Ponieważ brak szczegółowych badań dotyczących wpływu innych cech temperamentalnych na niezawodność człowieka w pracy, można uważać, że reaktywność w wystarczającym stopniu wyjaśnia swego rodzaju „ideę”, według której temperament ma wpływ na pracę człowieka. Reaktywność można przy tym uznać za najważniejszą cechę temperamentalną. To ona reguluje dawki stymulacji i efekty przystosowawcze (badania T. Klonowicz za pomocą testu czuwaniowego, gdzie osoby niskoreaktywne popełniały dwukrotnie więcej błędów niż wysokoreaktywne).

Wraz z upływem czasu pracy liczba błędów zwiększała się istotnie u osób niskoreaktywnych i bardzo nieznacznie u osób wysokoreaktywnych. W każdej z tych

<sup>12</sup> Por. T. Klonowicz 1973 (b), s. 195- 196.

grup popełniano ponadto inny typ błędów. W grupie osób wysokoreaktywnych przeważały błędy typu „fałszywy alarm”, a w grupie osób niskoreaktywnych - błędy typu „przepuszczenie”. Natomiast w zadaniu o dużym ładunku stymulacji (test Gorbowa) globalne liczby błędów w obu grupach były podobne, ale rodzaj błędów był inny, co miało konsekwencje dla dalszego działania, tj. osoby wysokoreaktywne przerywały pracę, a niskoreaktywne - nie (T. Klonowicz 1984). Podobne wyniki uzyskała A. Brzozowska (1981).

T. Klonowicz w pracy z 1984 r. przedstawiła badania nad rolą reaktywności w procesie przystosowywania się człowieka do otoczenia. Pokazała rolę wysokiego poziomu reaktywności w procesie przystosowywania się człowieka do różnych warunków stymulacyjnych. Osoby wysokoreaktywne mają ogólnie wyższy wyjściowy poziom aktywacji i aktywację tę wyrażają w inny sposób niż osoby niskoreaktywne. Zwiększenie ładunku stymulacji powoduje obniżenie poziomu wykonania u osób wysokoreaktywnych, co przejawia się w spadku wydajności pracy i wzroście liczby błędów. U osób tych wystąpiła rozbieżność między wymaganiami stymulacyjnymi otoczenia a możliwościami sprostania im. Gdy wymagania te zaczynają przekraczać możliwości człowieka, wyraźnie zwiększają się efekty następne: spada gotowość do pracy, wzrasta napięcie, zmęczenie i ogólne pobudzenie. Wyjaśnieniem tego stanu rzeczy jest, że prawdopodobnie fizjologiczny mechanizm przetwarzania stymulacji (leżący u podstaw reaktywności) jest głównym regulatorem funkcjonowania jednostki w różnych warunkach stymulacyjnych.

Specyficzne doświadczenie jednostki może wpływać na strategię zwalczania stresu, ale tylko w minimalnym stopniu na jego następstwa. Wyniki badań T. Klonowicz świadczą, że istnieje związek między efektami następczymi, stymulacją zewnętrzną i regulacją stymulacji globalnej przez zachowanie się własne podmiotu, wskazujące, iż „wewnątrzsterowność” osób wysokoreaktywnych spełnia ważne zadania adaptacyjne.

Związki między temperamentem a niezawodnością człowieka są raczej oczywiste; w porównaniu z innymi cechami człowieka jak gdyby „rzucają się w oczy”. Sytuacje trudne w szczególnie wyrazisty sposób angażują temperament człowieka, a więc regulacja temperamentalna staje się bardziej widoczna i łatwiej można ją obserwować. Nic też dziwnego, że istnieje dość znaczna liczba badań dotyczących bezpośrednio związku między cechami układu nerwowego i temperamentem a niezawodnością w pracy (F. Herzberg 1954, A.S. Jurczenko 1967, K.M. Guriewicz, W.F. Matwiejew 1969, K.M. Guriewicz 1970, E.P. Ilin 1967, T. Klonowicz 1973, E. Leśnik - Drozdowicz 1981, A.B. Leonowa, W.I. Miedwiediew 1981). W zależności od charakterystyki temperamentalnej (typu układu nerwowego) kształtuje się indywidualny styl radzenia sobie z trudną sytuacją. Wyraziste są także indywidualne różnice zachowania się dzięki kształtowaniu się regulacji temperamentalnej człowieka. Fakt istnienia wyraźnych różnic indywidualnych w tym zakresie jest podstawą tworzenia ilościowych miar niezawodności człowieka jako predyktorów jego zachowania się (zawodnego lub niezawodnego).

Ogólnie biorąc, regulacyjna rola temperamentu w sytuacjach wymagających wysokiej niezawodności człowieka polega na uruchomieniu trzech mechanizmów wewnętrznych:

1. mechanizmu regulującego dopływ lub redukcję stymulacji,
2. mechanizmu regulującego własne możliwości percepcyjne (obronność percepcyjna *versus* wzrost wrażliwości, tj. sensybilizacja),
3. mechanizmu pozwalającego na wybór kryterium kontroli stanów otoczenia (np. filtrowanie sygnałów, włączanie się w tok pracy lub wyłączanie).

Siła układu nerwowego w zakresie procesu pobudzenia jest podstawą takich cech, jak odporność na zakłócenia, wydolność, wytrzymałość, a także szybkość restrykcji utraconych sił. Jest ona zatem podstawą ogólnej mobilizacji nie tylko organizmu, lecz także sił psychicznych. *Równowaga* procesu pobudzania i hamowania jest podstawą równoważenia wpływu bodźców silnych i słabych (ale ważnych

dla procesu działania). *Ruchliwość* układu nerwowego umożliwia przechodzenie z jednego stanu w drugi, co ma szczególne znaczenie w sytuacjach cechujących się dużą zmiennością.

Sumując, można powiedzieć, że temperament jako zespół formalnych, względnie stałych cech zachowania się, przejawiających się w sile reakcji oraz jej parametrach czasowych, podlega zmianom rozwojowym. Zmienia się pod wpływem silnych wstrząsów emocjonalnych i długotrwałych chorób oraz typowych oddziaływań stymulacyjnych środowiska pracy i życia (J. Strelau 1985).

Mechanizm fizjologiczny temperamentu jest wypadkową działania dwu układów: układu wydzielania wewnętrznego oraz autonomicznego i ośrodkowego układu nerwowego.

Na temperament składają się następujące cechy zachowania:

- reaktywność,
- aktywność,
- czasowa charakterystyka reakcji.

Miedzy tymi cechami zachodzą odpowiednie relacje. Reaktywność i aktywność to energetyczny aspekt zachowania się. Reaktywność jest wymiarem, który ma dwa bieguny: wrażliwość i wydolność jednostki, tj. zdolność do reagowania na bardzo silne i długotrwałe bodźce oraz na bodźce bardzo słabe. Aktywność to typowa dla jednostki częstość podejmowania działań lub ich intensywność.

Ważne jest twierdzenie, że aktywność pozwala na podejmowanie zachowań równoważących dopływ stymulacji stosownie do wyznaczonej przez reaktywność potrzeby stymulacji.

Na czasową charakterystykę zachowań składają się następujące cechy: szybkość reakcji, ruchliwość reakcji, trwałość reakcji, tempo reagowania, rytmiczność reagowania i utrzymywanie się reakcji. Ogólnie biorąc, u podstaw czasowej charakterystyki reakcji leży ruchliwość, która determinuje powtarzalność reakcji w sposób adekwatny do sytuacji oraz „żywość” zachowania się człowieka.

Zależność między reaktywnością i aktywnością jest tego rodzaju, że im większa reaktywność, tym mniejsza aktywność. Ruchliwość zaś determinuje szybkość przedstawiania się człowieka z jednej czynności na inną. Istnieje związek między tymi dwiema energetycznymi charakterystykami zachowania się a ruchliwością, obejmującą zespół cech wyznaczających możliwości jednostki dostosowywania cech własnych zachowań do zmiennych cech otoczenia.

Temperament jest więc jednym z regulatorów równowagi w układzie jednostka-otoczenie, przy czym rola temperamentu polega na regulacji zachowań służących do osiągania i utrzymywania optymalnego poziomu stymulacji. Temperamentalne uwarunkowania procesów regulacyjnych stymulacji są realizowane dzięki istnieniu mechanizmu reaktywności, która z kolei determinuje odpowiedniość między wielkością bodźca a wywołaną przezeń reakcją, czy też początek i koniec reakcji adekwatnej do siły bodźca (A. Eliaś 1981, T. Klonowicz 1984).

J. Strelau (1985) wysunął trzy hipotezy odnośnie do wpływu temperamentu na styl działania:

1. W zależności od poziomu reaktywności kształtuje się stosunek czynności zasadniczych do pomocniczych. Osoby niskoreaktywne częściej wykonują więcej czynności zasadniczych lub też stosunek tych dwu czynności jest wyrównany, a osoby wysokoreaktywne wykonują więcej czynności pomocniczych.
2. Organizacja czasu pracy. Osoby wysokoreaktywne, jako bardziej podatne na zmęczenie, organizują sobie pracę tak, aby często robić przerwy na wypoczynek. Ustala się u nich określony stosunek czynności ciągłych do przerywanych; preferują czynności przerywane.

3. Osoby wysokoreaktywne preferują czynności niejednorodne, tj. lubią przechodzić od jednego zadania do drugiego. Zamiana rodzaju aktywności umożliwia im regenerację uprzednio czynnych układów funkcjonalnych. Osoby niskoreaktywne preferują czynności jednorodne, co jest wynikiem ich wolniejszego wciągania się w pracę.

Ogólna konkluzja, wynikająca z badań sprawdzających powyższe hipotezy, jest następująca: w sytuacjach niedoboru stymulacji lepiej działają osoby o małej potrzebie stymulacji, a w warunkach nadmiaru stymulacji - osoby o dużej potrzebie stymulacji.

Należy jeszcze raz podkreślić rolę reaktywności w regulowaniu stosunków człowieka z otoczeniem. Polega ona nie tylko na regulowaniu dopływu stymulacji z otoczenia, lecz także na tym, że przyczynia się do utrwalania śladów (tj. efektów następczych wszelkiego działania, takich jak napięcie, zmęczenie, wyczerpanie itp.) oraz tworzenia wzorców, antycypacji zdarzeń mogących pojawić się w przyszłości.

W kontekście badań nad temperamentem nasuwają się pewne wnioski odnośnie do wyboru koncepcji osobowości, wyjaśniającej w sposób adekwatny rolę tak rozumianych cech temperamentalnych w działaniu oraz wyjaśniającej indywidualne aspekty zachowania się człowieka. Temperament nie może być wytłumaczeniem wszystkich aspektów zachowania się człowieka, choć stanowi podstawę takich wyjaśnień. Wydaje się, że zgodnie z sugestią J.A. Graya, można uznać, iż najbardziej odpowiednią koncepcją osobowości jest koncepcja H. Eysencka, który wprowadzając pojęcie ekstrawersji, introwersji i neurotyzmu nawiązuje wprost do pojęć wypracowanych w ramach teorii temperamentu. Koncepcja H. Eysencka była wielokrotnie stosowana do analizy zachowania się człowieka w różnorodnych sytuacjach pracy z punktu widzenia jego sprawności, a ponieważ miarą sprawności w pracy była często liczba błędów, więc w pewnym sensie także z punktu widzenia niezawodności.

Badano także problem skłonności do wypadków u kierowców (H. Eysenck 1974), a także niezawodność operatorów elektrowni (B. Bazylewicz - Walczak 1985). Coraz częściej w badaniach nad sprawnością w pracy obok testu temperamentu J. Strelaua i testów osobowości H. Eysencka wykorzystuje się również testy diagnozujące poziom tzw. poczucia umiejscowienia kontroli wzmocnień J. Rottera (w adaptacji R. Drwala) oraz testy diagnozujące lęk, zarówno jako cechę (J. Taylor) jak i jako stan (J. Spilberger).

Nie wnikając w szczegóły tych koncepcji można powiedzieć, że trafna wydaje się intuicja dotycząca łącznego rozpatrywania tych właściwości człowieka, które tworzą bardziej ogólny wymiar związany z energetycznym aspektem zachowania się i wydolnością układu nerwowego oraz z poznawczym odzwierciedleniem możliwości wpływania na otoczenie.

Ponieważ nie prowadzono szczegółowych badań nad wpływem na działanie wyżej wymienionych cech jako zbioru, rozstrzygnięcie zaś w sposób pogłębiony, jak dalece stosowanie metod diagnostycznych jest uzasadnione w odniesieniu do analizy pracy człowieka, nie jest celem tej książki, poprzestaniemy więc na tym, w istocie bardzo ogólnym, ujęciu tego zagadnienia<sup>13</sup>.

### 3.1.2. Rutyna i przyzwyczajenia

Zarówno przyzwyczajenia jak i rutyna są względnie trwałymi formami zachowania się, jako cechy nabyte w wyniku uczenia się i socjalizacji. Mają one charakter na-

<sup>13</sup> W wyniku badań empirycznych C. Lager ustalił następujące cechy mające związek ze względnie niskim poziomem niezawodności pilotów: asteniczna budowa ciała, duży stopień odchylen w neurofizjologicznym zapisie EEG, zmniejszona zdolność do kontroli emocjonalnej mierzona testem Rorschacha (C), wysokie wyniki na skali schizofrenii testu MMPI (C. Lager 1974, s. 180).



wyków. Przyzwyczajenia mają odcień znaczeniowy wskazujący na ich pozytywny charakter, natomiast rutyna - odcień sugerujący negatywne aspekty wyuczonego, jakby nadmiernie utrwalonego, zachowania się człowieka.

Fizjologiczną podstawą nawyków są łańcuchy odruchów warunkowych. Nawyk jest jednym z ważnych mechanizmów regulujących zachowanie się człowieka i ściśle wiąże się z automatyzacją niektórych czynności. W toku życia, a szczególnie pracy, wytwarzają się u człowieka pewne schematy postępowania, mniej lub bardziej trwałe stereotypy o różnym stopniu zautomatyzowania, czyli usunięcia czynnika świadomości z procesu ich regulowania. Przez powtarzanie stają się one trwałe, prowadząc czasem do sztywności, która uniemożliwia zmianę takich zachowań, mimo że warunki otoczenia takich zmian wymagają.

Zachowania nawykowe to uproszczone, na ogół dobrze przystosowane do danego typu sytuacji i zadań oraz równocześnie najbardziej ekonomiczne zachowania się człowieka. Od dawna zwraca się uwagę na to, że nawyki mogą albo funkcjonować w ramach osobowości zintegrowanej, albo niektóre z nich mogą też się wyodrębniać i działać niejako na zasadzie autonomicznej. Taka sztywna, niepodatna na zmiany sytuacji forma nawyków nazywa się rutyną. W tym sensie można mówić zarówno o pozytywnym jak i o negatywnym wpływie nawyków na działanie człowieka i jego niezawodność. Zmiana sytuacji, wymagań, okoliczności dla człowieka działającego rutynowo może być przyczyną gwałtownego wzrostu liczby popełnianych błędów, a więc jego zawodności. Dlatego w praktyce np. przy zmianie parku maszynowego lepiej szkolić osoby nie mające żadnego doświadczenia w ich obsłudze niż zachęcać wytrawnych mistrzów i wysoko kwalifikowanych robotników do przekwalifikowania się. Okres nabywania nowej wprawy jest dłuższy, a liczba popełnianych błędów znacznie większa. Jest to zjawisko tzw. transferu negatywnego. W pewnych rodzajach czynności może jednak zachodzić transfer pozytywny, czyli pozytywne efekty uczenia się nowych czynności na podstawie posiadanego zasobu podobnej wiedzy. Na tym polega zresztą odpowiednie układanie programów kształcenia. Treści powinny wzmacniać efekt transferu pozytywnego, a nie negatywnego.

Nawyki są więc głównymi stabilizatorami działania człowieka, zapewniającymi mu ekonomiczny wysiłek, gdy w jego otoczeniu nie zachodzą zmiany, gdy jest ono stabilne. Rutyna oraz przyzwyczajenia odnoszą się przede wszystkim do zachowania się i opierają się na stabilności obrazów. Przez stabilność obrazu rozumiemy mniejszą lub większą podatność na zmiany pod wpływem nowych informacji (T. Tomaszewski 1984).

Do określenia różnic indywidualnych między ludźmi, zarówno w języku potocznym jak i w literaturze naukowej, używa się różnych terminów. Mówi się o umysłach „otwartych” i „zamkniętych”, „sztywnych” lub „giętkich”, „perseweratywnych” i „konserwatywnych”, „fanatykach” i „twardogłowych”, „betonach” i „maruderach postępu” itp. (T. Tomaszewski 1984).

Negatywny wpływ rutyny i przyzwyczajień polega na tym, że zachowania się człowieka nabierają cech sztywności, co w sytuacjach nowych i nieoczekiwanych prowadzi do nieadekwatnych lub spóźnionych reakcji, a często nie pozwala spostrzec i prawidłowo ocenić zdarzeń, bodźców, sygnałów i osób. Rutyna jest więc jedną z najbardziej typowych i najczęściej obserwowanych przyczyn błędów.

„Człowiek o najbardziej nawet bogatej wiedzy używa jej w sposób rutynowy i jeśli jakieś jej użycie okazało się w określonej sytuacji optymalne - to nie ma żadnego rozsądnego powodu, aby używać jej inaczej, kiedy dana sytuacja się powtarza. Jednakże w sytuacjach niestereotypowych rutynowe posługiwanie się wiedzą, opieranie się na dokładnej jej reprodukcji, zawodzi, konieczne staje się jej przetworzenie sytuacyjne, czy kontekstowe”<sup>14</sup>.

Związki między zachowaniem się rutynowym i nierutynowym, zautomatyzowanym i w pełni świadomym są jednak złożone. Kształtują się one dzięki - z jednej strony - określonym wrodzonym cechom człowieka, tj. cechom temperamental-

<sup>14</sup> T. Tomaszewski 1984, s. 47.

nym i osobowościowym, oraz - z drugiej strony - cechom sytuacji. W sytuacjach trudnych, gdy wymagania przekraczają możliwości człowieka, następuje dezautomatyzacja wprawy i miejsce rutyny musi zająć nowe zachowanie się. Jeśli tak się nie dzieje, mamy do czynienia z błędami wskazującymi na mniej lub bardziej drastyczne załamanie się niezawodności działania człowieka.

## 3.2. Stany człowieka a jego niezawodność

Stan człowieka, nazywany czasem jego stanem funkcjonalnym, to pewien kompleks symptomów natury fizjologicznej i psychicznej określających poziom aktywności narządów i układów organizmu, w dużym stopniu warunkujących zdolność człowieka do życia i pracy. Można powiedzieć, że stan obiektu to jego chwilowa, lecz bardzo ogólna, charakterystyka, jakby „zdjęcie” obiektu, rejestrujące zbiór jego cech w określonym momencie. Oczywiście, stany mają także swoją charakterystykę czasową, powstają w określonym momencie, ale też i znikają po upływie pewnego czasu. Wiedza o przyczynach powstawania określonych stanów jest niezbędną do przewidywania zachowania się człowieka, podobnie jak wiedza o jego cechach.

Wśród stanów człowieka można wyróżnić dwie główne ich grupy: stany funkcjonalne będące normą oraz stany patologiczne. Choć granica między nimi często jest trudna do wytyczenia, podział ten ma ważne znaczenie praktyczne, zwłaszcza w analizie zachowania się człowieka w procesie pracy w aspekcie niezawodności jego działania. Stany wywierają uchwytne wpływ na powstawanie błędów i zakłóceń w procesie działania.

Stany funkcjonalne zależą od ogólnych trwałych cech człowieka, takich jak: konstytucja fizyczna i cechy osobowości, ale przede wszystkim są pochodną czynników środowiska, zarówno fizycznego jak i społecznego. Czynniki te określają głębię i charakter owych stanów. Charakteryzują się one następującymi cechami:

- znak (pozytywne - negatywne),
- stałość (oczywiście jest to stałość względna),
- dowolność (wywołane własnym wysiłkiem woli - wymuszone),
- świadomość (uświadamiane sobie - zachodzące poza kontrolą świadomości),
- pozycja w strukturze innych stanów (dominujące - podrzędne),
- wielkość wpływu, jaki wywierają na zachowanie się człowieka (silne - słabe).

W literaturze psychologicznej używa się także określenia stan psychiczny człowieka. Rozumie się przez to specyfikę przebiegu ogółu procesów psychicznych w danym momencie, odzwierciedlających zarazem indywidualne cechy osobowości człowieka. Na przykład w stanie napięcia emocjonalnego wyraźniej widać indywidualne różnice między ludźmi ujawniające się w ich zachowaniu - jednych trema uskrzydla (tzw. twórcza trema), innych całkowicie paraliżuje.

Stany emocjonalne odgrywają szczególną rolę w regulowaniu działania człowieka, stąd wiele badań psychologicznych dotyczy wpływu stanów emocjonalnych na różne aspekty sprawności człowieka w pracy, zwłaszcza na paradoksalny charakter związku między stanami emocjonalnymi a sprawnością. Na przykład umiarkowane napięcie emocjonalne przyczynia się do wzrostu sprawności w pracy, ale nadmiernie pozytywne jego zabarwienie (radość) może wpływać na pogorszenie się wyników pracy oraz powodować błędy. K.K. Płatonow (1960) opisuje przykłady katastrof lotniczych w chwili lądowania, w wyniku obniżenia się czujności pilota nadmiernie uradowanego, że udało mu się dolecieć do celu. Oczywiście,

stopień konfliktowości rezultatów napięcia emocjonalnego i innych stanów człowieka może być różny w zależności od jego cech temperamentalnych i osobowościowych oraz od typu stawianych mu zadań. Napięcie sprzyja zwiększeniu wydajności w pracach wymagających dużego wysiłku fizycznego, obniża zaś wydajność w pracach wymagających wysiłku psychicznego, zwłaszcza w pracy operatorskiej, gdzie dominują procesy odbioru i przetwarzania informacji.

Napięcie emocjonalne to stan charakteryzujący się aktywizacją licznych funkcji organizmu w związku z podjęciem ukierunkowanej na cel aktywności, przygotowaniem się do niej, oczekiwaniem na zadanie, zagrożeniem życia lub innym niebezpieczeństwem. Napięcie emocjonalne może osiągnąć taki stopień, że przechodzi we wzburzenie i wówczas paraliżuje działanie lub popycha człowieka do czynów gwałtownych, niekontrolowanych.

Stan nadmiernego napięcia emocjonalnego może przejawiać się w rozlicznych formach:

- ogólne zahamowanie aktywności - sztywność zachowania się człowieka, a w skrajnych przypadkach całkowite otępienie,
- zwiększona, lecz niezmiernie chaotyczna, aktywność, powtarzanie bezsensownych ruchów, wykonywanie czynności „odwrotnych” do tych, które powinno się wykonać i w związku z tym gwałtowny wzrost liczby błędów podających się obserwacji,
- przechodzenie od chaotycznej aktywności do zupełnego bezruchu i bierności (forma mieszana).

Najbardziej charakterystyczną cechą nadmiernego napięcia emocjonalnego jest czasowe zmniejszenie się zakresu uwagi, zdolności do zapamiętywania nowych informacji (pamięć operatywna), błędne kodowanie i dekodowanie informacji (głównie na skutek błędnego spostrzegania), zaburzenia logiki rozumowania oraz gwałtowne pogorszenie się koordynacji ruchów i ich dokładności. Procesy te są jednak odwracalne; po ustąpieniu napięcia emocjonalnego wyżej wymienione symptomy zaburzonego zachowania się znikają (A.A. Kryłow 1974).

Zdolność do prawidłowego działania w warunkach występowania czynników emocjogennych nazywa się *odpornością na zakłócenia*; jest ona traktowana jako względnie trwała cecha człowieka. Widzimy więc, że cechy i stany człowieka są ze sobą powiązane w sposób nierozzerwalny.

W psychologii pracy, a zwłaszcza w psychologii inżynierskiej, pojęcie stanu człowieka odnosi się przede wszystkim do jego aktualnej zdolności do pracy, przy czym rozróżnia się tzw. ogólną zdolność do pracy oraz zdolność faktyczną, której poziom jest zawsze niższy.

Zdolność ogólną wyznaczają maksymalne wielkości sięgające tzw. granic możliwości, z wykorzystaniem wszystkich rezerw organizmu. Uruchomienie tych rezerw może jednak spowodować nieodwracalne pogorszenie stanu zdrowia, a nawet - w skrajnych przypadkach - śmierć. W pracy zawodowej człowiek powinien zużywać tylko część swoich zasobów funkcjonalnych i to taką, aby ich zużycie powodowało stany odwracalne, tzn. zmęczenie lub znużenie. Rezerwy funkcjonalne człowieka to różnica między jego aktualną produktywnością i jego maksymalnymi możliwościami. Rezerwy te są najczęściej uruchamiane w sytuacjach ekstremalnych.

Rozpatrując sprawność w pracy na tle dynamiki stanów funkcjonalnych, w typowych rodzajach zadań można wyodrębnić szereg faz:

- faza początkowa,
- faza mobilizacji,
- faza „rozgrzewki”,
- faza optymalnej sprawności,

- faza kompensacji,
- faza końcowego zrywu, wymagającego zwiększonej motywacji.

Jeśli praca przebiega nietypowo i stawia człowiekowi wysokie wymagania, zamiast fazy kompensacji następuje faza dekompensacji, tj. zamiast końcowego zrywu następuje stopniowe obniżanie się wydajności, aż do zatrzymania wszelkiej aktywności.

Faza kompensacji odzwierciedla początek wystąpienia stanu zmęczenia. O zmęczeniu będzie mowa w następnym podrozdziale; tu warto tylko wspomnieć, że charakteryzuje się ono subiektywnym poczuciem dyskomfortu i przykrymi dolegliwościami, takimi jak ból mięśni i głowy, wrażenie szumu w uszach itp. Gdy człowiek przystępuje do pracy niewypoczęty, faza optymalnej sprawności wyraźnie się skraca lub w ogóle nie występuje i wówczas okres pracy sprowadza się do fazy dekompensacji (A.A. Kryłow 1974).

Jeśli chodzi o metody oceny stanów funkcjonalnych człowieka, zwłaszcza tzw. stanu sprawności funkcjonalnej w związku z pracą, to powszechnie przyjmowaną dyrektywą jest branie pod uwagę możliwie jak największej liczby wskaźników uzyskanych za pomocą technik fizjologicznych, psychofizjologicznych i psychologicznych. Należy wykorzystywać nie tylko pomiary dotyczące danej chwili lub tzw. wielkości absolutnych, lecz również dotyczące *dynamiki zmian* w określonym odcinku czasu.

Należy więc uwzględniać dane:

- fizjologiczne: tętno, ciśnienie tętnicze, Oddychanie, temperatura ciała i skóry, zmiany perystaltyki jelit, elektroencefalogram i myogram;
- biochemiczne: analiza krwi i moczu, wskaźniki sekrecji hormonów w celu wykrycia stanu stresu,  $P_H$  śliny;
- neurologiczne: reakcja na światło, akomodacja i konwergencja oczu, drżenie powiek przy zamknięciu oczu, koordynacja ruchów, odruchy wazomotoryczne, automatyzmy;
- psychofizjologiczne i psychologiczne: ostrość widzenia, wrażliwość na barwy i kontrasty, absolutne i różnicowe progi wrażeń, reakcje sensomotoryczne (ich szybkość i dokładność), krytyczna częstotliwość migotań świetlnych odbierana jako zlewianie się ich, czas trwania obrazów następczych, wskaźniki pamięci trwałej i operatywnej (zwłaszcza pamięci dotyczącej bodźców wzrokowych i słuchowych, w tym werbalnych), zakres, podzielność i przezręczność uwagi, koordynacja i dokładność ruchów, widzenie przestrzenne.

Jeśli chodzi o stany odzwierciedlane subiektywnie, to należałoby badać za pomocą metod kwestionariuszowych i projekcyjnych: nastrój, subiektywny komfort pracy, zadowolenie, subiektywne zmęczenie i subiektywne poczucie sprawności w pracy, poczucie stresu, ogólną samoocenę, wreszcie - jako wskaźnik obiektywny - ocenę stanów, w jakich się znajduje dana osoba, sformułowaną przez jej przełożonych i podwładnych.

Stany człowieka można badać zarówno w rzeczywistych sytuacjach pracy jak i w laboratorium, najlepiej symulując czynności robocze, np. za pomocą specjalnego aparatu pozwalającego rejestrować i wydajność pracy, i liczbę popełnianych błędów. Błędy należy analizować pod względem ilościowym i jakościowym.

### 3.2.1. Zmęczenie i monotonia jako czynniki zawodności

Zmęczenie jest jednym z najbardziej charakterystycznych i powszechnie doświadczanych stanów człowieka. Jest ono naturalnym efektem wszelkiej pracy. Zmęczenie ma naturę fizjologiczną oraz psychologiczną i dlatego jest rozpatrywane z tych

dwu punktów widzenia. Wczesne badania nad zmęczeniem dotyczyły głównie jego objawów fizjologicznych, powstających w wyniku pracy mięśni, a więc podczas wysiłku fizycznego. Dzisiaj mają one jedynie wartość historyczną. Obecnie badania koncentrują się na tych objawach zmęczenia, które są wynikiem złożonych czynności, głównie wymagających wysiłku umysłowego. Objawami zmęczenia są: utrata chęci do dalszej pracy, napięcie, niepokój. Podkreśla się (R.A. McFarland 1975), że analiza fizjologiczna i psychologiczna powinny się uzupełniać, tj. fizjologowie powinni włączać do analizy korelaty dotyczące zmęczenia psychicznego, a psychologowie nie powinni ignorować korelatów fizjologicznych. Integracja tych dwu rodzajów wskaźników pozwoli dotrzeć do natury zmęczenia i obciążenia pracą (J. Leplat 1976).

Zmęczenie jako naturalny efekt następczy pracy także może być rozpatrywane z dwu stron, w sensie roli, jaką pełni w regulacji zachowania się człowieka; rola ta może być pozytywna i negatywna. Pozytywny aspekt zmęczenia polega na tym, że chroni człowieka przed nadmierną eksploatacją własnego organizmu, przed wyczerpaniem energii fizycznej i psychicznej, zmuszając go natychmiast po przekroczeniu granic bezpieczeństwa do przerywania pracy i do wypoczynku. Negatywny aspekt zmęczenia polega na tym, że ' uniemożliwia pracę w sytuacjach, gdy jest to konieczne z ważnych obiektywnych względów, gdy pracy nie można odroczyć.

W związku z powyższym analiza dynamiki sprawności w pracy w relacji do dynamiki zmęczenia ma tak duże znaczenie dla prawidłowego kształtowania warunków pracy. Chodzi o to, aby np. w stadium narastania zmęczenia nie kumulowały się zadania, nie występowały zadania wymagające zwiększonego wysiłku itp. Chodzi o projektowanie tempa i rytmu pracy oraz niezbędnych przerw na wypoczynek. Wiąże się z tym także kwestia zmienowości i jej relacji do dynamiki wypoczynku niezbędnego do restytucji siły.

Związki między zmęczeniem i niezawodnością w pracy są dwustronne. Z jednej strony, zmęczenie obniża niezawodność w pracy lub też pozwalają utrzymać na nie zmienionym poziomie. Z drugiej zaś, można przypuszczać, że praca stawiająca wysokie wymagania odnośnie do niezawodności człowieka może powodować szybsze narastanie zmęczenia lub też bardziej trwałe skutki w postaci zmęczenia chronicznego lub wyczerpania.

Wiedza o zmęczeniu umysłowym (psychicznym) jako czynnika zawodności ma duże znaczenie praktyczne, w szczególności w projektowaniu tzw. reżimów pracy operatora, gdzie tego rodzaju zmęczenie dominuje. Zarówno badania jak i potoczne obserwacje potwierdzają, że w warunkach narastającego zmęczenia nawet niewielkie zmiany poziomu wydolności człowieka wyraźnie powodują wzrost liczby potknięć, uchybień i błędów<sup>15</sup>.

W psychologii rozróżnia się także zmęczenie obiektywne i subiektywne (subiektywne poczucie zmęczenia). Rozróżnienie to jest ważne, gdyż nie zawsze obiektywne objawy zmęczenia są odczuwane subiektywnie i odwrotnie, subiektywne poczucie zmęczenia nie zawsze musi być odzwierciedleniem zmęczenia obiektywnego, tj. realnego wysiłku i energii włożonej w pracę.

Oczywiście, relację między tymi dwoma rodzajami zmęczenia można rozpatrywać jako problem sam w sobie godny uwagi, lecz można także badać wpływ każdego z nich oddzielnie na niezawodność w pracy.

Obecnie przedstawię wyniki badań nad subiektywnym zmęczeniem i niezawodnością pracy telefonistek (Z. Ratajczak, I. Gibalska 1982). Celem badań było znalezienie odpowiedzi na pytanie, czy w ogóle występuje taki fenomen jak subiektywne zmęczenie oraz czy ma ono wpływ na niezawodność rozumianą w tych badaniach jako ogólna sprawność w pracy, mierzona liczbą błędów oraz ilością czasu efektywnie zużywanego na pracę. Przyjęto, że w tego typu pracy operatorskiej - dokonywanie połączeń telefonicznych - psychologicznymi korelatami sprawności wykonania zadań są takie procesy i funkcje psychiczne jak: proces zapamiętywania, uwaga i spostrzeganie. Zastosowano dwa wskaźniki niezawodności:

<sup>15</sup> Por. Z. Jethon 1976, s. 121.

1. ocenę obiektywną pracy dokonywaną okresowo przez specjalną komisję; na podstawie tej oceny telefonistki otrzymują dodatkową premię za pracę; jednym z kryteriów oceny były błędy w połączeniach;
2. ocenę sprawności procesów psychicznych towarzyszących wykonywaniu pracy operatorskiej.

Subiektywne zmęczenie badano za pomocą specjalnego kwestionariusza (kwestionariusz subiektywnego zmęczenia - GIG), który składał się z 9 pytań zamkniętych i 10-stopniowej skali wektorowej, na której każda badana osoba zaznaczała swoje miejsce, odpowiednio do tego, jak silnie odczuwała ogólny stan subiektywnego zmęczenia.

W badaniach uczestniczyło 30 telefonistek dobranych losowo z jednej centrali telefonicznej (Centrala Międzyzmiastowa w Katowicach, tzw. bezsznurowa). Praca telefonistek jest zakwalifikowana do I-szej kategorii. Dzień roboczy trwa 7 godzin, z 30 - minutową przerwą na posiłek regeneracyjny. Praca odbywa się na trzy hałas; stanowiska pracy są blisko siebie. Badana grupa składała się z osób w wieku 21-53 lata, o wykształceniu podstawowym i średnim zawodowym oraz stażu od 1 do 26 lat.

Niezawodność oceniano według 4-stopniowej skali, gdzie 5 - oznaczało niezawodność bardzo wysoką, 4 - wysoką, 3 - dostateczną, 2 - niską. Premia za ocenę bardzo wysoką wynosiła 15%, za dobrą - 10%, za dostateczną 5%. Oceny dokonywała komisja. Podstawą oceny była trzykrotna obserwacja w ciągu miesiąca. W ocenie brano pod uwagę: liczbę dokonanych połączeń (rozmów) na godzinę, liczbę usterek oraz czas wykorzystywania łącza.

Do pomiaru sprawności procesów psychicznych, traktowanych jako korelaty niezawodności działania, zastosowano następujące testy:

- do pomiaru zapamiętywania test TAP (podawano 1 cyfrę/min),
- do pomiaru uwagi i jej koncentracji - test Couve'a (5 minut),
- do pomiaru spostrzegania - test Kroepelina (5 minut).

Badania prowadzono trzykrotnie w ciągu zmiany roboczej, tj. po 1 - szej, po 3 - ciej i po 6 - tej godzinie pracy na dwu dziennych zmianach roboczych.

Jeśli chodzi o szacowanie subiektywnego zmęczenia, to na jego maksymalny stopień wskazywała liczba 10, a na minimalny - 0 (brak zmęczenia). Maksymalna liczba punktów z odpowiedzi na pytania zawarte w kwestionariuszu subiektywnego zmęczenia wynosiła 35, a minimalna 18.

Obliczono współczynnik korelacji między wskaźnikiem subiektywnego zmęczenia a wskaźnikiem niezawodności w pracy uzyskanym z oceny obiektywnej, który wyniósł 0,34 (istotny na poziomie ufności 0,05), co oznacza, że im wyższe subiektywne zmęczenie, tym mniejsza niezawodność w pracy. Wyniki dotyczące błędów popełnianych przy wykonywaniu testów psychologicznych zawierają tabele 3.1. i 3.2.

Tabela 3.1. Liczba błędów popełnionych w testach po 1, 3 i 6 godzinach pracy

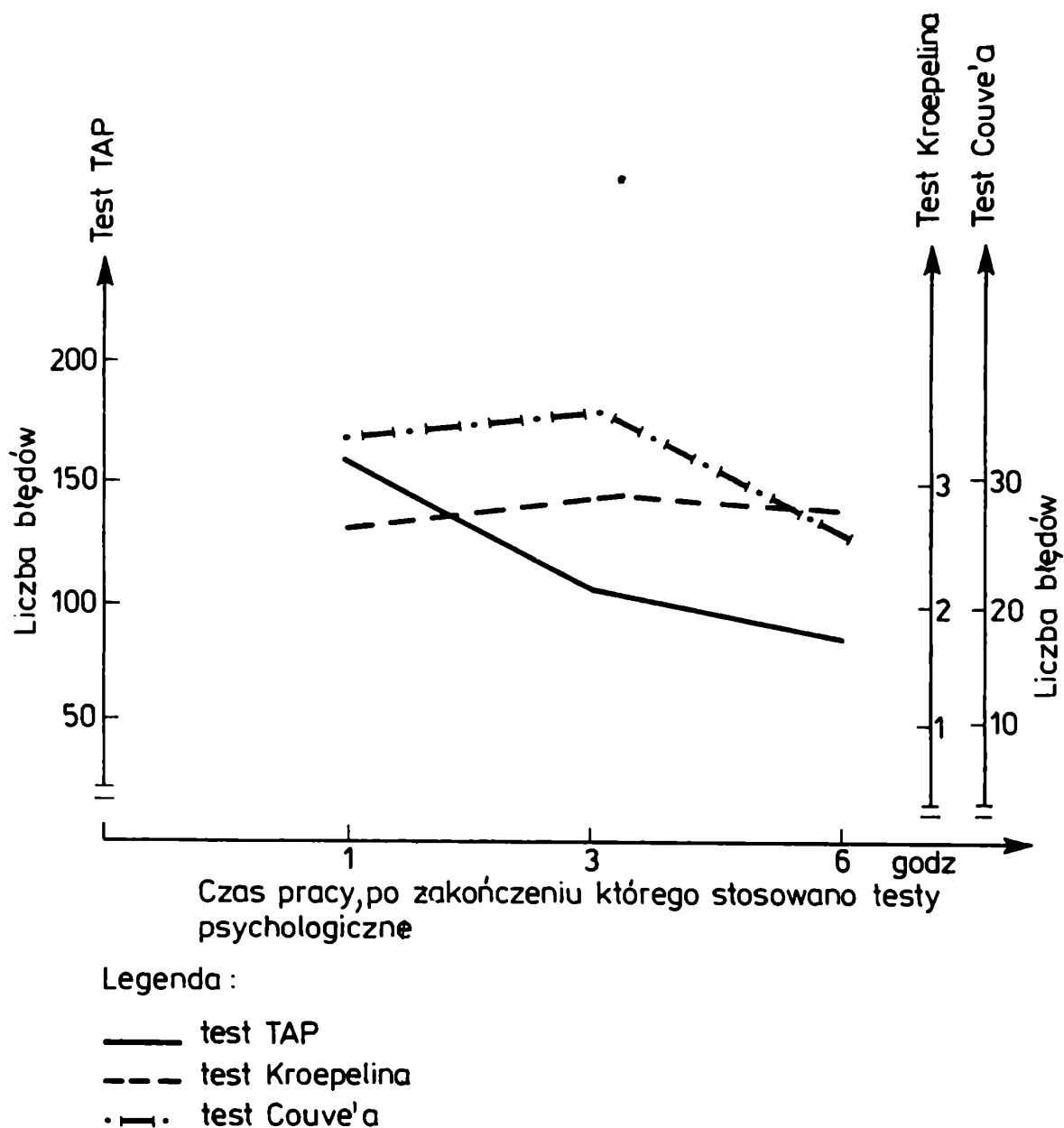
| Nazwa testu | Po 1-szej godzinie pracy | Po 3-ciej godzinie pracy | Po 6-tej godzinie pracy |
|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| TAP         | 159                      | 103                      | 85                      |
| Couve'a     | 25                       | 27                       | 26                      |
| Kroepelina  | 3,2                      | 3,5                      | 2,7                     |

Tabela 3.2. Zwiększenie ( — ) lub zmniejszenie ( + ) średniej liczby błędów popełnionych po 2, 3 i 6 godzinach pracy

|             | Różnice w liczbie błędów   |                            |                            |
|-------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Nazwa testu | między 1 i 3 godziną pracy | między 3 i 6 godziną pracy | między 1 i 6 godziną pracy |
| TAP         | 56                         | 18                         | 74*                        |
| Couve'a     | - 2                        | +1                         | - 1                        |
| Kroepelina  | - 0,3                      | + 0,8*                     | + 0,5*                     |

\* Różnice istotne statystycznie ( $p < 0,05$ )

Istotne różnice wystąpiły w testach: Kroepelina między 1 i 6 godziną pracy oraz 3 i 6 godziną pracy (poprawa wyników w trzeciej godzinie) oraz w teście TAP między 1 i 6 godziną pracy. W teście uwagi Couve'a brak różnic. Rys. 3.1. przedstawia tę zależność graficznie.



Rys. 3.1. Przebieg zmian niezawodności przy wykonywaniu zadań testowych po 1, 3 i 6 godzinach pracy

Z danych wynika, że bezwzględna liczba błędów maleje pod koniec zmiany roboczej według wszystkich trzech rodzajów zadań testowych, co można byłoby tłumaczyć w ten sposób, że osoby badane mimo subiektywnego zmęczenia chciały się „pokazać”, dobrze wypaść, uruchomiły więc dodatkowe rezerwy. Ponadto zadania testowe, jak wiadomo, nie sprawiają osobom badanym znacznie większych trudności. Wartość testów psychologicznych jako wskaźników zmęczenia obiektywnego oraz sprawności w pracy jest raczej niewielka. Lepszym predyktorem niezawodności jest więc test subiektywnego zmęczenia.

Z innych prac wynika, że na skutek zmęczenia powstają następujące typy błędów<sup>16</sup>:

- zatrzymanie czynności na skutek powstania tzw. „blokad umysłowej”,
- błędy typu zaniechanie i opuszczenie (przerwy wymuszone),
- błędy polegające na opóźnieniu wymaganych reakcji (*accuracy of timing*),
- akceptowanie coraz niższych standardów działania (dokładności),
- wzrost liczby mylnych interpretacji wskazań przyrządów,
- zawężenie pola uwagi i zmniejszenie liczby źródeł informacji, na które się zwraca uwagę, do 1 lub 2,
- zapomnianie lub ignorowanie informacji napływającej z przyrządów peryferyjnych,
- błędy popełniane na skutek przedwczesnego pocucia relaksu, przed zakończeniem pracy,
- nieświadome obniżenie standardów działania (subiektywne pocucie działania właściwego, a obiektywne pogorszenie),
- wzrost prawdopodobieństwa, że w stanie zmęczenia człowiek będzie wykonywał właściwe czynności w niewłaściwym momencie.

W związku z rozlicznymi trudnościami natury metodologicznej i terminologicznej, a w związku z tym z trudnościami pomiaru oraz interpretacji wyników badań oraz przesuwaniem się zainteresowania badaczy ze zmęczenia fizycznego na umysłowe, podejmowane są próby powiązania zmęczenia z bardziej trwałymi cechami człowieka, takimi jak nerwicowość, poziom lęku i inne. Współwystępowanie takich stanów jak zmęczenie, stres i lęk jest powszechnie dostrzegane. Obecnie podejmuje się więc próby ujmowania procesów zmęczenia raczej jako zespołu objawów niż objawu pojedynczego. Bada się związek zmęczenia nie tylko ze stanami, lecz także z trwałymi cechami człowieka. Na zmęczenie składają się bowiem nie tylko stany, których doznaje człowiek w związku z pracą i na terenie zakładu pracy, lecz także te, których doznaje poza miejscem pracy, na trasie dojazdu z domu do pracy i z powrotem oraz w domu. Nasila to takie objawy, jak pogorszenie widzenia, trudności z zasypianiem, bóle mięśni itp., a więc objawy jak gdyby nie związane bezpośrednio z pracą i których człowiek doświadcza poza miejscem pracy.

Problematyka zmęczenia jest bliska problematyce obciążenia pracą. Mówiąc o zmęczeniu podkreśla się subiektywne skutki pracy, a mówiąc o obciążeniu pracą kładzie się nacisk na wymagania. Jednakże przy rozpatrywaniu obydwu tych problemów nie można pomijać zestawienia ze sobą wymagań i możliwości człowieka.

Stanem bardzo bliskim zmęczeniu jest stan monotonii. Na podstawie wyników badań nad wpływem warunków monotoniijnych, za najbardziej typowe uznano zmiany w zakresie koncentracji uwagi, zmniejszenie zdolności do szybkiego reagowania na bodźce, zmniejszenie zdolności spostrzegania, zmniejszenie zakresu pamięci bezpośredniej oraz zmniejszenie sprawności myślenia operatywnego.

*Praca monotonna* charakteryzuje się poniższymi cechami:

<sup>16</sup> Por. R.A. McFarland 1975, s. 3.



- jest jednostajna (najczęściej jest to cykliczny, narzucony rytm),
- jest łatwa (zadania proste, powtarzające się, nie wymagające dużego wysiłku ani fizycznego, ani umysłowego),
- wymaga utrzymania w sposób ciągły koncentracji uwagi,
- jest niezmienna i przebiega w nie zmieniających się warunkach środowiska.

Praca monotonna jest subiektywnie odbierana jako dokuczliwa i wywołuje efekty podobne do zmęczenia. Jednakże zachodzi tu podstawowa różnica, polegająca na tym, że stan zmęczenia wymaga restytucji siły, a stan monotonii ustępuje nieomal natychmiast po przerwaniu monotonnej pracy. Dynamika narastania poczucia monotonii składa się z następujących etapów:

- zupełny brak zaciekawienia, podniecenia, napięcia,
- myślenie o czymś innym niż wykonywane zadanie (zabiegi zapewniające dopływ stymulacji, wzmożona pobudliwość ruchowa),
- rosnące poczucie niepewności, rezygnacji, bezsensu (dalsze poszukiwanie stymulacji),
- poczucie senności, nudy, otępienia, niemocy i apatii lub irytacji, niechęci, zniecierpliwienia, a niekiedy agresja,
- poczucie konieczności natychmiastowego przerwania pracy.

Oprócz wyżej wymienionych subiektywnych charakterystyk stanu, mogą wystąpić przykre odczucia fizjologiczne, takie jak np. ból głowy, ból oczu, drżenie rąk oraz poczucie zmęczenia fizycznego (T. Rzepa 1980).

Istotną rolę w sposobie subiektywnego traktowania i odbioru pracy monotonnej odgrywa omówiony wcześniej czynnik zapotrzebowania na stymulację. Osoby o niskiej reaktywności i odczuwające potrzebę otrzymywania informacji „złożonych” samorzutnie przerywają pracę monotonną, przeceniają czas jej trwania, odczuwają przykre negatywne emocje, a po zakończeniu pracy ostrą irytację lub agresję, pracę oceniają jako nudną i nieciekawą; obniża się u nich sprawność w zakresie wyżej wspomnianych funkcji psychicznych, takich jak koncentracja uwagi, czas reakcji prostej oraz poprawność myślenia operatywnego. U osób o wysokiej reaktywności i zapotrzebowaniu na bodźce ubogie, proste występuje odmienny zespół zachowań, ocen i postaw. W pracy są spokojne, działają w sposób nieprzerwany, nie doceniają raczej czasu jej trwania, nie odczuwają przykrości z powodu pracy monotonnej, mają dobre samopoczucie w pracy, pracę oceniają jako automatyczną, łatwą, wyrażają zamiar kontynuowania jej, a w zakresie wyżej wymienionych funkcji psychicznych poprawiają swoje wyniki.

W badaniach nad monotonią, w sposób bardziej wyrazisty niż to miało miejsce w badaniach nad zmęczeniem, wykazano jak duże znaczenie ma wiedza o temperamentalnych cechach człowieka dla sposobu interpretowania wpływu czynników środowiska i rodzaju pracy. Nie można bowiem sformułować generalnego wniosku, że praca monotonna jest złem, które za wszelką cenę należy zlikwidować. Dla jednych praca monotonna rzeczywiście jest istną torturą, a dla innych jest pożądanym optimum. Należy więc liczyć się z indywidualnym zapotrzebowaniem na stymulację oraz z reaktywnością człowieka, aby prognozować zarówno wyniki jego pracy jak i jego stany.

### 3.2.2. Napięcie emocjonalne (stres) a niezawodne działanie

Stany napięcia emocjonalnego jako czynniki zawodności działania człowieka w pracy zasługują na oddzielne omówienie, gdyż w większości prac typu operatorskiego są one stanami występującymi najczęściej i najwyraźniej wpływającymi na powstawanie błędów.

Stres to termin użyty po raz pierwszy przez H. Selyego (1976) na oznaczenie stanu organizmu wywołanego każdym szkodliwym bodźcem, tzw. stresorem, np. wtargnięciem bakterii chorobotwórczych, urazem lub negatywnym przeżyciem psychicznym. Stresory pobudzają przysadkę mózgową do wydzielania większych ilości hormonów (kortykotropina ACTH) pobudzających czynność kory nadnerczy. Jest to początek tzw. reakcji alarmowej, równoznacznej z uruchomieniem sił obronnych ustroju. Suma wszystkich nieswoistych odczynów daje zespół ogólnej adaptacji organizmu, cechujący się wzmożeniem wydzielania hormonów kory nadnerczy. Zespół ten może mieć trzy fazy: reakcja pogotowia, okres oporu (obrony), w którym stres jest równoważony optymalnym działaniem hormonów, i okres wyczerpania, tj. ciężkiej choroby, której skutkiem może być nawet zgon. Selyego teoria stresu i stresorów jest próbą stworzenia ogólnej teoretycznej koncepcji patologii. Choć nie zdobyła powszechnego uznania, jest jednak ważnym krokiem w tej dziedzinie.

W psychologii stres jest rozumiany dwojako. Oznacza czynniki zewnętrzne, które utrudniają lub uniemożliwiają człowiekowi zaspokojenie potrzeb i wykonanie zamierzonych zadań, zagrażają czymś jednostce lub wpływają na obniżenie poczucia własnej wartości. Typowymi czynnikami tego rodzaju są np. zaskoczenie, zawód, nadmierne wymagania, negatywne oceny, kompromitacja. Stresem nazywa się również *zmiany* zachodzące pod wpływem tych czynników w procesach emocjonalnych (napięcie emocjonalne, lęk) oraz związane z tym zmiany w sprawności i kierunku działania. Utrzymują się one przez pewien czas po ustąpieniu przyczyn stresu, z tym że silny i długotrwały stres może doprowadzić do głębokich przeobrażeń osobowości.

Pojęcie stresu w psychologii jest bliskoznaczne z pojęciem frustracji, o ile jednak w pojęciu frustracja kładzie się nacisk na subiektywny aspekt przeżycia zawodu, porażki itp., o tyle w pojęciu stres jest zawarta myśl o obciążeniu psychicznym (J. Reykowski 1966, T. Cox 1980, C.L. Cummings, A.A. De Cotiis 1973, C.L. Cooper i R. Payne 1980).

Jednym ze skutków stresu, podobnie jak zmęczenia, jest zawężenie pola świadomości (Z. Falicki 1984). W stresie spowodowanym chorobą polega to na tym, że w polu świadomości najistotniejsze stają się nie jakieś zjawisko zewnętrzne, lecz własna osoba i jej potrzeby. Każdy człowiek ma własny, różniący się od innych, poziom tolerancji na stres psychologiczny; walka ze stresem może doprowadzić do zwiększonej odporności na dany rodzaj stresu. Każdy człowiek jest w stanie radzić sobie z inną „porcją” stresu, ale odporność każdego człowieka ma granice.

Stany stresu mogą trwać dłużej lub krócej. Czas trwania może być związany z ogólnym stanem zmęczenia. W praktyce jednak stosunkowo łatwo oddzielić od siebie te dwa rodzaje stanów. W podręcznikach są one omawiane częściowo jako podobne, a częściowo jako różniące się od siebie stany. Na przykład uważa się, że tolerancja na stres pozwala z większą łatwością niwelować skutki zmęczenia pracą (R.A. Alkov 1981). Istnieje tzw. optymalny poziom stresu, który warunkuje maksimum wydajności; wiele osób działa nawet lepiej w warunkach stresu niż w tzw. warunkach normalnych (R.A. Alkov 1981).

Stan stresu w kontekście analizy niezawodności człowieka rozumiany jest jako napięcie emocjonalne wywołane bodźcami nowymi, nieoczekiwanymi i związanymi z *zagrożeniem*. Te przykre subiektywnie stany napięcia emocjonalnego są zapewne kombinacją *lęku* o konkretnej treści (obraz potencjalnej straty) oraz *lęku* nieokreślonego, gdy konsekwencje nie są znane i nie można ich przewidzieć. Sygnały zagrożenia wywołują stan *aktywacji*, który w wyniku odczytania znaczenia informacji przybiera postać ujemnych emocji (lęku, strachu). Stany te mogą

być czynnikiem uruchamiającym konstruktywne działanie w sytuacji trudnej, mogą być też przyczyną poważnych zakłóceń w funkcjonowaniu człowieka i całego układu technicznego. Łatwość ulegania stresom oraz sposób i prędkość opanowywania reakcji stresowych zależą od bardziej trwałych cech człowieka, takich jak odporność na zakłócenia, wytrzymałość oraz wydolność, które są z kolei pochodnymi cech układu nerwowego, zwłaszcza siły procesu pobudzania i hamowania. Jednakże to, jak człowiek ostatecznie poradzi sobie ze stresem i z sytuacją, która go wywołała, zależy od poznawczej oceny zmian, które w sposób nieoczekiwany zaszły w otoczeniu, a więc od nabytych w toku uczenia się standardów ewaluacyjnych. W tym sensie stres jest pojęciem, które wiąże aspekty emocjonalnej i poznawczej regulacji zachowania się człowieka w sytuacji trudnej (R.S. Lazarus 1966, A. Kitajew- Smyk 1983, W.Ł. Mariszczuk i in. 1969, W.W. Suworowa 1975, G.P. Szybanow 1979, M. Tyszkowa 1986, A.T. Welford 1973).

Jednym z kierunków badań nad stresem jest badanie jego wpływu na powstawanie określonych schorzeń (najczęściej tzw. chorób somatycznych), takich jak choroba wrzodowa układu pokarmowego, choroba nadciśnieniowa, choroby serca, w tym skłonność do zawałów. Choć wyniki tych badań mogą się wydawać tylko pośrednio związane z analizą niezawodności działania człowieka, mają jednak istotne znaczenie dla tego właśnie problemu. Choroby somatyczne będące skutkiem stresu powodują czasem tak znaczny ubytek sprawności w pracy, że prawdopodobieństwo powstawania błędów i uchybień w pracy przez ludzi cierpiących na nie musi być brane pod uwagę.

Wiadomo np., że osoby będące pod wpływem stresorów o dużym nasileniu (*overstressed*) wykonują czynności nieistotne zamiast istotnych, usztywnia się ich sposób zachowania, powtarzają nieskuteczne czynności, tracą zdolność rozróżniania bodźców oraz obniża się efektywność wykonywania przez nich zadań umysłowych. Prawidłowe i bezpieczne wykonywanie czynności np. w pracy pilota staje się niemożliwe, gdy znajduje się on w stanie nadmiernego stresu.

Podstawowym faktem empirycznym w badaniach nad wpływem stresu nie tylko na pracę, lecz także na życie człowieka, jest ustalenie związku między pewnymi wydarzeniami w życiu i zachorowalnością na pewne choroby, uleganiem wypadkom, popełnianiem błędów itp. (T.H. Holmes, M. Minoruk 1972, R.A. Alkov 1981). Zdarzenia te nie zawsze same w sobie mają negatywny charakter; może to być np. przyjście na świat dziecka, wyjście za mąż córki, ożenek syna. Zawsze jednak wymagają one zmiany zachowania się, trybu czy stylu życia. Przy tym chodzi tu o zmiany nie tyle ilościowe, ile jakościowe, o jakąś zasadniczą odmianę życia -człowieka.

T.H. Holmes (psychiatra amerykański) ponad 25 lat temu ustalił listę 43 zdarzeń, które następnie były oceniane przez 394 osoby pod względem konieczności przystosowania się do nich człowieka. Największą liczbę punktów na 100- stopniowej skali otrzymało wydarzenie, jakim jest śmierć współmałżonka, najmniej, bo tylko 11 punktów - drobne naruszenie prawa (tabela 3.3).

Podobnie jak w przypadku analizy zmęczenia, tak i w analizie wpływu stresu należy dążyć do scalenia danych fizjologicznych i psychologicznych, zwłaszcza wskaźników funkcjonowania układu wegetatywnego, wisceralnego, humoralnego i endokrynologicznego oraz centralnego układu nerwowego.

Jak podaje E.A. Milerjan (1974), poziom niezawodności i efektywności pracy operatora oraz wielkość wskaźników funkcji wegetatywnych są ze sobą nisko skorelowane. Natomiast wysokie korelacje występują wówczas, gdy bierze się pod uwagę wahania funkcji wegetatywnych, które z kolei same znajdują się częściowo pod wpływem regulacji psychicznej, tj. procesów woli oraz emocji. To one umożliwiają człowiekowi mobilizowanie własnych rezerw oraz samoregulowanie zachowania się w sytuacjach stresowych. E.A. Milerjan wykazał w badaniach eksperymentalnych, że w procesie uczenia się czynności sensomotorycznych dynamika zmian liczby uderzeń serca na minutę jest bardzo wyrazista. Wyróżnił on dwa stadia nabywania umiejętności: stadium niskich umiejętności oraz stadium wysokich umiejętności.

Tabela 3.3. Lista zdarzeń życiowych jako czynników stresu

| Ranga | Zdarzenie  | Średnia wartość |
|-------|--|-----------------|
| 1     | Śmierć współmałżonka                                 | 100             |
| 2     | Rozwód   | 73              |
| 3     | Separacja  | 65              |
| 4     | Uwięzienie   | 63              |
| 5     | Śmierć bliskiego członka rodziny                     | 63              |
| 6     | Choroba lub uraz fizyczny                            | 53              |
| 7     | Zawarcie związku małżeńskiego                        | 50              |
| 8     | Utrata pracy   | 47              |
| 9     | Pogodzenie się ze współmałżonkiem                    | 45              |
| 10    | Przejsie na emeryturę                                | 45              |
| 11    | Pogorszenie stanu zdrowia kogoś bliskiego            | 44              |
| 12    | Zajście w ciążę                                      | 40              |
| 13    | Trudności w pożyciu płciowym                         | 39              |
| 14    | Pojawienie się nowego członka rodziny                | 39              |
| 15    | Przystosowanie się do nowego zajęcia                 | 39              |
| 16    | Zmiany w statusie finansowym                         | 38              |
| 17    | Śmierć przyjaciela                                   | 37              |
| 18    | Zmiana pracy   | 36              |
| 19    | Wzrost liczby sprzeczek małżeńskich                  | 36              |
| 20    | Zaciągnięcie długu powyżej 100 dolarów               | 31              |
| 21    | Umorzenie ( <i>forclosure</i> ) kredytu lub hipoteki | 30              |
| 22    | Zmiany w ilości obowiązków zawodowych                | 29              |
| 23    | Odejsie dziecka z domu                               | 29              |
| 24    | Trudności we współżyciu z teściem lub teściową       | 29              |
| 25    | Niezwykłe osiągnięcie osobiste                       | 28              |
| 26    | Rozpoczęcie lub przerwanie pracy przez żonę          | 26              |
| 27    | Początek lub zakończenie roku szkolnego              | 26              |
| 28    | Zmiana warunków mieszkaniowych                       | 25              |
| 29    | Zmiana osobistych przyzwyczajeń (np. palenie)        | 25              |
| 30    | Trudności w stosunkach z przełożonym                 | 23              |
| 31    | Zmiana w rozkładzie godzin pracy                     | 20              |
| 32    | Zmiana miejsca zamieszkania                          | 20              |
| 33    | Zmiana w trybie pracy szkolnej                       | 20              |
| 34    | Zmiana w trybie wypoczyniania                        | 19              |
| 35    | Zmiana w sposobie uczestniczenia w życiu religijnym  | 19              |
| 36    | Zmiana w trybie działalności społecznej              | 18              |
| 37    | Kredyt lub obciążona hipoteka poniżej                | 10              |
| 38    | Zmiana godzin zasypiania i wstawiania                | 16              |
| 39    | Zmiana w ilości kontaktów rodziny z innymi           | 15              |
| 40    | Zmiana w trybie spożywania posiłków                  | 15              |
| 41    | Wakacje  | 13              |
| 42    | Boże Narodzenie                                      | 12              |
| 43    | Drobne naruszenie prawa                              | 11              |

Źródło: R.A. Alkov 1981.

W stadium pierwszym liczba popełnianych błędów była bardzo duża, a operatorzy doznawali poczucia napięcia emocjonalnego. W tym stadium następowały

zmiany częstości tętna. Na 42 badane osoby w 26 przypadkach nastąpił wzrost częstości tętna o 8,4 uderzeń na minutę, u 11 osób o 4 uderzenia na minutę, w 1 przypadku nastąpił maksymalny możliwy wzrost z 92 do 112 uderzeń na minutę, tylko u 4 tętno nie zmieniło się.

W stadium drugim, gdy umiejętności zostały nabyte w toku ćwiczenia, częstość tętna zmniejszyła się średnio o 5,9 uderzeń na minutę w porównaniu ze średnią liczbą uzyskaną w I - szym stadium, gdzie wzrosła o 8,4 uderzeń na minutę, i pozostawała na podwyższonym poziomie w porównaniu z wielkościami wyjściowymi o 2,5 uderzenia na minutę. Pod koniec tego stadium uczenia się badane osoby poddawano działaniu czynników stresu. Wówczas nastąpił przyrost liczby uderzeń serca na minutę od 4 do 36. Po ustaniu działania czynnika stresującego tętno zmniejszało się średnio o 5,9 uderzenia na minutę.

Autor nie podał wszystkich szczegółów eksperymentu, a więc nie można go powtórzyć. Nie jest znany czas występowania stresora ani jego rodzaj. Można się domyślać, że osobami badanymi byli kandydaci na pilotów.

Obok podobieństw między zmęczeniem a stanem stresu występują także różnice. Stan stresu zawiera wyraźniejsze komponenty emocjonalne. Można również wykreślić dość dokładną krzywą obrazującą zależność między stresem a efektywnością w pracy, czego nie można powiedzieć o zmęczeniu. Na mocy definicji, zmęczenie oznacza efekt następczy wysiłku, tj. pogorszenie wszystkich wskaźników wykonania pracy. Krzywa stresu w przybliżeniu odpowiada krzywej obrazującej I prawo Yerkesa-Dodsona, a krzywa zależności między zmęczeniem a wydajnością pracy ma postać prostoliniową, choć oddzielnie wzięwszy krzywa zmęczenia i krzywa wydajności pracy jako funkcje czasu pracy różnią się w istotny sposób, a w ostatniej fazie stają się odwrotnie proporcjonalne, tj. wydajność pracy spada, a zmęczenie rośnie.

Ogólnie biorąc, stan napięcia emocjonalnego powoduje wystąpienie dwu różnych typów zachowań:

1. Nadmierna ruchliwość, gadatliwość, bezsensowne „kręcenie się w kółko”, powtarzanie nieskutecznych czynności itp.
2. Usztywnienie zachowania, reakcje typu hamulcowego, zwolnienie reakcji, napięcie i kurczenie mięśni ciała w procesie wykonywania pracy, np. zagryzanie ust, zaciskanie szczęk, dłoni na rękojeściach itp. Skrajną formą zachowania typu hamulcowego jest całkowite wyłączenie się z działania, odcięcie się od dopływu informacji lub odgrodzenie się od jej oddziaływania.

Człowiek o hamulcowym typie reagowania na stres w sytuacjach awaryjnych doświadcza lęku, może działać tylko według wyuczonych stereotypów, a w zmiennej sytuacji może działać nieadekwatnie, innymi słowy, popełniać poważne błędy.

Typ hamulcowy i typ „pobudzeniowy” same w sobie nie są ani dobre, ani złe. Osoby reagujące w sposób nadmiernie pobudliwy (typ zachowań agresywno - niekontrolowanych) w sytuacji awaryjnej mogą doznać szoku afektywnego, ujawniającego się w reakcjach agresywnych, co może gwałtownie pogorszyć stan sterowanego obiektu, a w skrajnym przypadku doprowadzić do katastrofy. Osoba reprezentująca typ hamulcowy także może spowodować katastrofę na skutek całkowitego wyłączenia się z działania. U osób reprezentujących typ o umiarkowanym stopniu pobudliwości w sytuacjach awaryjnych obserwuje się zachowania skuteczne, pochłaniające minimalną ilość sił; o człowieku takim można powiedzieć, że jest „bojowy”.

Wykazano, że zarówno napięcie emocjonalne jak i zdolność do utrzymania stałości emocjonalnej poddaje się treningowi. Pod jego wpływem człowiek może nauczyć się panować nad swoim napięciem, co umożliwia zachowania stosowne do zmieniających się sytuacji, nie mówiąc o umiejętnym wykorzystaniu stereotypów czynności. Czynności te stają się wówczas bardziej stabilne, a człowiek nabiera większej odporności na zakłócenia.

Badania nad stresem i jego przyczynami oraz skutkami rozszerza się na coraz większą liczbę zawodów; obejmuje się nimi nie tylko zawody i stanowiska pracy typu operatorskiego. Do najpoważniejszych należą badania nad wpływem stresu na osoby pełniące funkcje kierownicze (C.L. Cooper i R. Payne 1980, G. Johanson, U. Lundberg 1977, H. Skłodowski i in. 1984). Badania te są związane z poszukiwaniem psychologicznych korelatów, głównie osobowościowych. Dążą one do stworzenia typologii ułatwiającej wybór zawodu czy stanowiska oraz potencjalnych skutków tego wyboru dla człowieka<sup>17</sup>.

### 3.2.3. Rola nastawień w regulowaniu niezawodnego działania

Badania nad nastawieniem zapoczątkował gruziński psycholog D.N. Uznadze (1886-1950). Psychologowie wywodzący się nie tylko z jego szkoły, lecz także z innych uważają, że nastawienie jest głównym czynnikiem ukierunkowującym zachowanie się człowieka. Jest to pewien stan człowieka będący następczym efektem percepcji otoczenia, pewien jej ślad, niedokładnie odwzorowujący spostrzeganą cechę (D.N. Uznadze 1961). Ten właśnie ślad staje się następnie podstawą tzw. wyprzedzającego odzwierciedlenia czy też antycypacji zdarzeń i cech rzeczywistości. Wyprzedzające odzwierciedlenie sprawia, że gdy zadziała rzeczywisty bodziec lub pojawi się jakieś rzeczywiste zdarzenie, proces jego spostrzegania przebiega szybciej i sprawniej, ale też jego treść może być w mniejszym lub większym stopniu zniekształcona. Nastawienie ma więc i pozytywne, i negatywne strony. Jego regulacyjna rola polega na takiej organizacji doświadczenia człowieka, aby jego przyszłe zachowanie się było nie tylko prostą reakcją na bodziec, lecz także wyprzedzającym jego odzwierciedleniem (A.S. Prangiszwili 1969, T. Tomaszewski 1984).

Rolę tę tłumaczy się w ten sposób, że człowiek, który dąży do celu, musi stosownie do zmian zachodzących w sytuacji zmieniać sposoby swojego działania i jego kierunek, musi dokonywać nieraz złożonych czynności przygotowawczych. Ta organizacja zachowania się człowieka w sytuacji nigdy nie przebiega w sposób przypadkowy. Cały czas jest ono kierowane nastawieniem na cel. Bez tego nastawienia i jego stałości zachowanie się człowieka stałoby się serią nieuporządkowanych myśli i ruchów pozbawionych przystosowawczego sensu. Nastawienie eliminuje z zachowań chaos oraz nadaje im cechy indywidualne.

Pojęcie nastawienia, choć nie całkiem jednoznacznie zdefiniowane, nie wprowadza jednak takiego zamętu terminologicznego jak inne pojęcia psychologiczne. W słowniku psychologicznym różne nazwy dotyczące tego pojęcia są wystarczająco bliskoznaczne, aby nie podawać oddzielnych definicji. I tak nastawienie jest traktowane jako *organizacja* (agregacja, połączenie elementów zachowania się), jako *dyspozycja* do reagowania, jako *orientacja*, tj. ukierunkowanie działania, jako *gotowość*, *oczekiwanie*, jako *ułatwienie* reakcji oraz *utrwalenie* reakcji (fiksacja, sztywność).

We wszystkich powyższych określeniach zawarta jest jedna z dwu cech uprzedniego zachowania się człowieka: jego *gotowość* (przygotowanie), z którą można byłoby łączyć energetyczny aspekt związany z aktywacją i pojawieniem się wywo-

<sup>17</sup> Eksperymentalnie dowiedziono, że wydzielanie adrenaliny wiąże się z wysoką wydolnością w pracy i warunkuje efektywną adaptację do zmian zachodzących w krótkich odcinkach czasu, zwłaszcza, gdy zmiany mają charakter wybitnie stresujący, charakterystyczny dla warunków życia we współczesnym technicyzowanym społeczeństwie. Kiedy jednak rośnie częstotliwość takich aktów przystosowawczych lub kiedy wydłuża się czas ich trwania, to prawdopodobnie wysoki poziom wydzielania adrenaliny spowoduje trwałe negatywne skutki w organizmie człowieka. Warunki pracy w wielu współczesnych zawodach związanych z nowoczesną techniką i technologią charakteryzują się skrajnymi wartościami stymulacji: albo nadmierną, albo zbyt niską stymulacją. Zarówno eksperymenty jak i badania terenowe potwierdzają tezę, że tego rodzaju warunki pracy i życia są poważnym obciążeniem dla mechanizmów przystosowawczych człowieka; potwierdzeniem jest wysoki poziom catecholaminy jako reakcja na stresujący wpływ hałasu miejskiego (G. Johanson, U. Lundberg 1977).

lanych potencjałów, oraz jego *ukierunkowanie*, z którym można wiązać treściowy aspekt przyszłego zachowania się. Może najpełniej ujął to G. Allport (1935). Według niego, nastawienie to psychonerwowy stan gotowości (*readiness*), kształtujący się na podstawie doświadczenia i wywierający wpływ polegający na dynamizowaniu i ukierunkowywaniu reakcji jednostki w stosunku do wszystkich przedmiotów lub sytuacji danego typu, z którymi ma do czynienia. W nastawieniu ogromną rolę odgrywa rozwinięta działalność orientacyjno - badawcza człowieka, w miarę jej ustępowania tworzy się stopniowo nastawienie, czyli gotowość do działania w określony sposób i w określonym kierunku. W początkowych stadiach tego procesu zawsze musi wystąpić faza orientacyjno - badawcza, inaczej nie byłoby możliwe powstanie związku, który leży u podstaw nastawienia.

Nastawienie często uważa się za tendencję do nawykowego powtarzania pewnego sposobu reagowania. Wynika to stąd, że bierze się pod uwagę asymilacyjne, upodabniające działanie, które w pewnych przypadkach może być źródłem sztywności zachowania się człowieka, jego inercyjności. W pojęciu nastawienie podkreśla się jednak głównie gotowość do reagowania w sposób specyficzny, adekwatny do aktualnych warunków działania.

Na kształtowanie się nowych nastawień duży wpływ mają przeżycia emocjonalne. Silne przeżycie może zmienić treść nastawień nie tylko wobec przyszłych zdarzeń, lecz także wobec zdarzeń przeszłych, przez nadanie im innych znaczeń.

Nastawienie może być także źródłem błędów. Pojawiają się one wówczas, gdy zmiany w otoczeniu zachodzą zbyt szybko, albo nastawienia są zbyt trwałe, aby zmienić zachowanie się człowieka stosownie do zmian zachodzących w otoczeniu.

Wiedząc, że nastawienia można odpowiednio kształtować, „Wmontowywać” za pomocą treningu, odpowiednich instrukcji itp., można także eliminować niektóre błędy w sposób celowy i świadomy. Nastawienia mogą być bowiem bardzo ogólne, dotyczyć nie tylko pojedynczych bodźców lub zdarzeń, lecz także całych ich łańcuchów, mogą też dotyczyć tylko pewnych aspektów działania, np. dokładności, szybkości, niezawodności.

Nastawienie na szybkość, *versus* nastawienie na dokładność przy wykonywaniu prostych czynności sensomotorycznych, było stosowane jako metoda eksperymentalna w laboratorium W. Wundta (badania J. Merkela nad czasem reakcji) oraz w innych laboratoriach psychologicznych w Europie. Badania D.N. Uznadze jak gdyby rozwinęły koncepcję ukierunkującego wpływu nastawień i dostarczyły konkretnego materiału empirycznego dotyczącego roli nastawień w spostrzeganiu wielkości przedmiotów, ich barwy, a nade wszystko ciężaru. Przedmiotem analizy stały się następnie bardziej złożone przedmioty z obiektami społecznymi, tj. ludźmi, włącznie. Niezależnie od badań D.N. Uznadze i jego kontynuatorów, rozwinęły się badania postaw (G. Allport 1935 i inni autorzy), które stanowią uzupełnienie tego nurtu, który podkreśla rolę uprzedniego przygotowania do ukierunkowanego zachowania się człowieka.

W pracy typu operatorskiego wytwarzanie odpowiednich nastawień, a zwłaszcza nastawień do działania dokładnego lub szybkiego, ma duże znaczenie praktyczne (trening i kształtowanie odpowiedniego reżimu pracy).

W sytuacji deficytu czasu powinno dominować nastawienie na szybkość działania, a w sytuacji, gdy sygnały pojawiają się rzadko, lecz ich niedokładne odebranie grozi poważnymi konsekwencjami, lepiej nastawiać operatora na dokładność.

Niżej przedstawię wyniki badań wykonanych w laboratorium Zakładu Psychologii Pracy Uniwersytetu Śląskiego nad wpływem nastawienia na wyniki pracy, a w istocie na niezawodność człowieka mierzoną liczbą popełnianych błędów (B. Kukla 1980).

Celem badań było sprawdzenie hipotezy, że istnieje zależność między rodzajem nastawienia (na szybkość, na dokładność oraz jednocześnie na szybkość i dokładność) a rodzajem sytuacji (normalna, trudna).

Nastawienie było rozumiane jako oparta na doświadczeniu i wywołana instrukcją gotowość do specyficznego odbioru bodźców i reagowania na nie. Nastawienie na dokładność to gotowość do unikania błędów podczas wykonywania czynności,

nastawienie na szybkość to gotowość do wykonania zleconych czynności w możliwie najkrótszym czasie. Do badań wykorzystano pracę maszynistek uczących się pisać na maszynie w jednym z ośrodków doskonalenia kadr. Pisanie na maszynie, jak wiadomo, jest czynnością wymagającą wysokiej sprawności manualnej, angażującą jednocześnie umysł oraz przebiegającą w zmieniających się warunkach (każdy tekst jest inny).

Sytuacja normalna to taka, gdy maszynistki osiągały wysoką umiejętność i wprawę pod koniec trwania kursu, sytuacja trudna to egzamin, któremu towarzyszyła trema i napięcie (według obserwacji prowadzonych przez kierownictwo kursu).

W badaniach uczestniczyło 109 osób, podzielonych na trzy grupy eksperymentalne i jedną kontrolną, która nie otrzymywała żadnej specjalnej instrukcji, w której zawarte było odpowiednie nastawienie. Zadaniem badanych osób było przepisanie na maszynie jednej strony maszynopisu liczącej 2801 uderzeń. Każda z trzech badanych grup otrzymała inną instrukcję „nastawiającą” do pracy. Dokładność wykonania mierzona była liczbą błędów. Ponadto analizowano błędy pod względem jakościowym; wyróżniono następujące rodzaje błędów:

- uderzenie klawisza z niewłaściwą literą,
- opuszczenie litery,
- zbyt duży odstęp po wyrazie,
- brak odstępu po wyrazie,
- nabijanie liter jedna na drugą,
- nieprawidłowe użycie zmieniaków (nierówny wiersz),
- przestawienie liter lub wyrazów (tzw. czeski błąd),
- opuszczenie wyrazu,
- błąd ortograficzny,
- nierówne odstępy między wierszami,
- nierówny lewy margines,
- brakujące, dwukrotnie napisane lub zamienione wiersze,
- nierówny ostatni wiersz na stronie,
- zamienione słowa.

Aby ocenić szybkość wykonywania czynności, mierzono czas za pomocą stopera. Sposób analizy wyników przedstawia tabela 3.4.

Tabela 3.4. Schemat analizy wyników uzyskanych przez poszczególne grupy

| Rodzaj sytuacji | Instrukcja „nastawiająca” na |          |                       | Grupa kontrolna |
|-----------------|------------------------------|----------|-----------------------|-----------------|
|                 | dokładność                   | szybkość | dokładność i szybkość |                 |
| Normalna        | I                            | II       | III                   | IV              |
| Trudna          | I'                           | II'      | III'                  | IV'             |

Porównywano wyniki poszczególnych grup w dwu sytuacjach: normalnej i trudnej oraz wyniki każdej grupy z wynikami grupy kontrolnej. Wyniki wskazują na to, że średnia liczba błędów zarówno w sytuacji normalnej jak i w sytuacji trudnej w grupie I (nastawienie na dokładność) jest niższa od średniej liczby błędów w grupie kontrolnej. Jeśli chodzi o wpływ nastawienia na szybkość, to zarówno w sytuacji normalnej jak i w sytuacji trudnej osoby badane popełniały znacznie



więcej błędów, przy jednoczesnym wydatnym skróceniu czasu wykonywania pracy. Pośpiech można więc uznać za czynnik powodujący wzrost liczby błędów. Brak czasu uniemożliwiał lub utrudniał kontrolę ruchów rąk; ruchy te stawały się bardziej chaotyczne i nieskoordynowane. W grupie osób nastawionych i na szybkość, i na dokładność pisania w porównaniu z grupą kontrolną nie wystąpiły istotne statystycznie różnice.

Dwie wyróżnione charakterystyki działania: szybkość i dokładność są do pewnego stopnia konfliktowe, tzn. im większe nastawienie na szybkość, tym mniejsza możliwość dokładnego działania. Brak instrukcji dotyczącej nastawienia powoduje, że osoba badana wybiera optymalne dla siebie tempo pracy, które jednak nie sprzyja zmniejszaniu się liczby błędów.

Porównanie wyników wszystkich wymienionych grup w dwu sytuacjach: normalnej i trudnej wskazuje, że w sytuacji trudnej wyniki były gorsze zarówno pod względem szybkości jak i dokładności. Liczba błędów była znacznie większa (średnio) niż w sytuacji normalnej, a także wydłużył się czas pracy. Jednakże w każdej grupie były osoby, u których zaobserwowano polepszenie się wyników pracy. Najkorzystniejsze okazało się nastawienie na dokładność działania. Czas wykonania był w normie, a liczba błędów wydatnie mniejsza od liczby błędów w grupach, które były „nastawione” w inny sposób.

Przyczyn błędów należy również upatrywać w trudności tekstu, w warunkach pracy, które nie były dobre (hałas) oraz

Tabela 3.5. Średnie wskaźniki dokładności, czasu i szybkości pracy dla badanych grup w sytuacji normalnej

| Grupa  | Średnia liczba błędów | Średni czas wykonania | Średnia liczba uderzeń na minutę |
|--------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|
| I.     | 17                    | 25'28"                | 113                              |
| II     | 37                    | 19'59"                | 148                              |
| III    | 30                    | 24'28"                | 121                              |
| IV (K) | 27                    | 24'40"                | 120                              |

Tabela 3.6. Średnie wskaźniki dokładności, czasu i szybkości pracy dla badanych grup w sytuacji trudnej

| Grupa   | Średnia liczba błędów | Średni czas wykonania | Średnia liczba uderzeń na minutę |
|---------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|
| I'      | 21                    | 22'58"                | 126                              |
| II'     | 39                    | 16'05"                | 182                              |
| III'    | 30                    | 21'03"                | 140                              |
| IV' (K) | 17                    | 25'15"                | 120                              |

Tabela 3.7. Różnice między wynikami poszczególnych grup a grupą kontrolną w sytuacji normalnej i trudnej\*

| Porównywane grupy - | Sytuacja normalna |       |          | Sytuacja trudna |       |          |
|---------------------|-------------------|-------|----------|-----------------|-------|----------|
|                     | dokładność        | czas  | szybkość | dokładność      | czas  | szybkość |
| I i IV (K)          | 10                | 0'48" | 7        | 4               | 2'17" | 6        |
| II i IV (K)         | 10                | 4'41" | 28       | 22              | 9'10" | 62       |
| III i IV (K)        | 3                 | 0'12" | 1        | 13              | 4'12" | 20       |

\* Istotność różnic sprawdzono za pomocą testu  $t$  na poziomie  $p = 0.05$ . Wyniki istotne statystycznie podkreślono.

w wieku badanych osób. Najczęściej popełnianym błędem jest uderzenie w klawisz z niewłaściwą literą, co może wynikać z trudności w perfekcyjnym opanowa-

niu bezwzrokowej metody pisanie na maszynie i z braku dokładnej znajomości klawiatury. Wyniki analizy statystycznej przedstawiają tabele 3.5-3.7.

Na podstawie tabel widać, że wskaźnikiem różnicującym wyniki poszczególnych grup oraz wyniki osiągnięte w dwu różnych sytuacjach jest czas wykonania zadania, liczba uderzeń na minutę oraz liczba błędów, ale nie wszystkie różnice są istotne statystycznie.

## 4. ŚRODOWISKO I SYTUACJA CZŁOWIEKA A BŁĘDY W PRACY

Wiedza o środowisku i sytuacjach, w jakich przypada żyć i pracować człowiekowi, obok wiedzy o możliwościach i ograniczeniach człowieka, jest drugim ważnym blokiem informacji niezbędnych do zrozumienia i przewidywania jego zachowań, w tym także w aspekcie popełniania błędów, pojawiania się potknięć i niepowodzeń.

Potrzebna jest w tym celu wiedza dwojakiego rodzaju:

- o środowisku istniejącym obiektywnie,
- o środowisku postrzeganym przez człowieka.

Pomijanie któregośkolwiek z tych dwu aspektów może zaważyć na predyktywnej wartości wiedzy o środowisku. Co się zaś tyczy wiedzy o sytuacjach, to problem ten wydaje się być bardziej złożony. Sytuacja to konstrukt stworzony w celu analizowania zachowania się człowieka niejako „tu i teraz”, a definicja sytuacji zawiera określenie poszczególnych elementów środowiska, mających wpływ na działanie człowieka. Opis sytuacji wymaga także uwzględnienia wiedzy o tym, jak człowiek spostrzega te elementy, a także wzięcia pod uwagę specyficznych aspektów przestrzeni i czasu, w którym przebiega zachowanie się człowieka w danej sytuacji.

W próbach definiowania pojęcia sytuacji odzwierciedlają się trudności charakterystyczne dla psychologii jako nauki. O ile panuje pewna zgoda co do definicji środowiska jako „Względnie trwałego układu elementów otoczenia człowieka ważnych dla jego życia i zachowania”<sup>18</sup>, o tyle pojęcie sytuacji jest bardziej wieloznaczne.

Tak np. David Magnusson, współtwórca interakcyjnej psychologii, podaje kilka definicji sytuacji w jednym artykule (D. Magnusson 1981). Według niego, sytuacja to ta część środowiska, która jest nam dostępna „przy okazji”. Między środowiskiem i sytuacją zachodzą relacje: „Środowisko wpływa na człowieka pośrednio i bezpośrednio. Jest to uśredniony wpływ przez sytuację”<sup>19</sup>. Środowisko wywiera pośredni wpływ na człowieka m. in. przez istnienie struktur poznawczych, stanów emocjonalnych, strategii rozwiązywania problemów i poglądów na świat, wytworzonych przez człowieka w różnorodnych konfrontacjach ze środowiskiem.

Elementami środowiska są rzeczy i ludzie pozostający ze sobą w różnorodnych stosunkach. Każdy człowiek jest również elementem swojego środowiska<sup>20</sup>.

Sytuacje prezentują się człowiekowi na różnorodnych poziomach szczegółowości informacyjnej, dając mu niezbędną informację zwrotną. Niezbędną do budowania mniej lub bardziej trafnych koncepcji środowiska, do przewidywania przyszłych zdarzeń oraz wyników własnego działania. Zachowanie się człowieka zawsze zachodzi w określonym środowisku oraz w określonej sytuacji i nie da się wyjaśnić poza tym kontekstem. Aby to zachowanie się zrozumieć, należy analizować ciągle interakcje między człowiekiem a środowiskiem w danym kontekście sytuacyjnym. W znaczeniu fizycznym i biologicznym sytuacja może być określona jako ta część środowiska, która jest dostępna zmysłom człowieka w określonym odcinku czasu. Sytuacja spostrzegana to także sytuacja rzeczywista, ale jednocześnie interpretowana, rozumiana, mająca subiektywne znaczenie dla człowieka i konstruowana w jego umyśle.

Sytuacje rzeczywiste i spostrzegane są czymś więcej niż układem specyficznych bodźców, mają wpływ nie tylko na prawdopodobieństwo zajścia pewnych zdarzeń, lecz także na organizację sekwencji aktów zachowania się.

<sup>18</sup> T. Tomaszewski 1975, s. 13.

<sup>19</sup> D. Magnusson 1981, s. 11.

<sup>20</sup> Por. T. Tomaszewski 1975, s. 13.

Różne teorie psychologiczne kładą nacisk albo na sytuacje rzeczywiste, albo na sytuacje odzwierciedlone i interpretowane. Behawioryzm ignorował czynniki poznawcze lub przypisywał im minimalne znaczenie, w psychologii humanistycznej i psychoanalizie interpretacja własnej sytuacji życiowej człowieka jest czymś ważniejszym od jego sytuacji rzeczywistej.

Fizyczne elementy sytuacji, w jakiej znajduje się podmiot, można podzielić na trzy kategorie:

1. przedmioty (lub ich cechy), które znajdują się w centrum uwagi podmiotu (i osoby dokonującej obserwacji podmiotu w danej sytuacji),
2. przedmioty, które znajdują się poza centrum uwagi podmiotu, na peryferiach jego świadomości,
3. przedmioty całkowicie pomijane przez podmiot.

Wszystkie trzy kategorie elementów mogą ulegać, i najczęściej ulegają, zmianom; ich obiektywny wpływ na działanie podmiotu jest różny. Całkowicie pomijane elementy mogą działać na podświadomość, elementy peryferyjne mogą nie być dokładnie spostrzegane, lecz w ostatecznym wyniku to one właśnie mogą zdeteminować zachowanie się człowieka lub jego stan. Tego rodzaju analiza sytuacji ma ważne znaczenie dla zrozumienia błędów, potknięć i niepowodzeń w pracy człowieka, a więc wiąże się z jego niezawodnością.

Jak już wspomniano, sytuacje można analizować od strony obiektywnej, tj. opisywać, jakie są w rzeczywistości, oraz od strony subiektywnej, tj. opisywać, jak są spostrzegane i interpretowane. Gdy analizujemy sytuacje jako rzeczywiste układy elementów, wyróżniamy dziewięć charakterystyk (D. Magnusson 1971, 1981): złożoność, jasność, siłę, swobodę *versus* przymus, zadania, role, reguły postępowania, cechy fizyczne, inne osoby. Natomiast gdy chcemy analizować sytuacje tak, jak są one spostrzegane przez podmiot, to należy wziąć pod uwagę te cechy sytuacji, które stanowią to, co jest odzwierciedlone subiektywnie i co zarazem daje się obiektywnie określić. Są to: cele, spostrzegana przez podmiot kontrola, oczekiwania, potrzeby, motywy, ton afektywny i emocje podmiotu.

Jasność, złożoność i siła sytuacji to jej cechy strukturalne, natomiast cele, reguły działania, oczekiwania i motywy to jej cechy treściowe. Te pierwsze poddają się analizie ilościowej, te drugie wymagają analizy typu jakościowego. Głównym elementem konstytuującym psychologiczną strukturę sytuacji są cele podmiotu.

Szczególne znaczenie dla badań nad niezawodnością człowieka w pracy, jak również nad psychiczną regulacją zachowania się człowieka w ogóle, mają badania nad percepcją sytuacji. Ich znaczenie polega na tym, że dane tego rodzaju mogą być traktowane jako (D. Magnusson 1981):

- zmienne pośredniczące w badaniach nad osobowością i różnymi rodzajami zachowań,
- podstawa opisu i klasyfikacji obiektywnych cech sytuacji, bodźców i zdarzeń w terminach cech jednostki,
- opis osoby służący do tworzenia kryteriów klasyfikacyjnych i typologii.

Nie jest to nowa idea w psychologii. Sposób takiego opisu jest stosowany w teorii testów psychologicznych. Na przykład trudności czytania określa się w terminach osoby, tj. jako stosunek poprawnych do błędnych odpowiedzi na każde pytanie. Natomiast indywidualną zdolność do wykonywania zadań danego typu określa się w terminach sytuacji, tj. na podstawie proporcji prawidłowych odpowiedzi, jakich udzieliła określona osoba, do wszystkich odpowiedzi na pytania testu. Tak więc te same dane raz są użyte w celu określenia stopnia trudności pytania testowego, a raz jako ocena badanej osoby.

Sumując rozważania definicyjne dotyczące sytuacji, można ogólnie powiedzieć, że sytuacja to charakterystyczny układ interakcji między jednostką a elementami środowiska, wyznaczony przez cel działania, zachodzący w określonym

czasie i w określonej przestrzeni, np. w klasie szkolnej, w sali szpitalnej, w celi więziennej, we wnętrzu kościoła, w mieszkaniu własnym lub cudzym.

Synonimami sytuacji są takie określenia jak: scena, miejsce, epizod, okazja, środowisko działające „tu i teraz”, spotkanie (*encounter*). W języku potocznym pojęcie sytuacji jest często nadużywane, służy do opisu każdego zbioru warunków, z braku bardziej precyzyjnych określeń. Psychologowie społeczni niezbyt szczęśliwie używają terminu sytuacja społeczna w stosunku do każdej normalnej, kulturowo uwarunkowanej sekwencji zachowań człowieka. Etymologicznie słowo to oznacza *miejsce* wraz z jego *otoczeniem* zajmowane przez „coś”, a także *opis* wszelkiego *stanu rzeczy*, w którym ktoś się znalazł.

Oryginalną psychologiczną koncepcję środowiska i sytuacji znajdujemy w pracach T. Tomaszewskiego (1975, 1984). Według tego autora, pojęcie „środowisko” zostało zaczerpnięte z nauk biologicznych w celu określenia względnie stabilnego układu stosunków jednostki z otaczającym światem. Pojęcie „środowisko” nie wystarcza jednak do wyjaśnienia dialektyki stałości i zmienności w analizie wzajemnych stosunków człowieka z otoczeniem. „Dlatego, obok tradycyjnego pojęcia środowiska [...] coraz bardziej potrzebne jest pojęcie sytuacji jako układu czasowego, zachodzącego w określonym miejscu i czasie, «tu i teraz»”<sup>21</sup>. Obecnie, w czasach przyspieszonej zmienności warunków życia, pojęcie „sytuacja” budzi coraz większe zainteresowanie teoretyków, a w związku z tym, coraz powszechniejsze staje się używanie pojęcia „sytuacja” w celu określenia zmienności i czasowości układów wzajemnych stosunków między człowiekiem a otaczającym światem<sup>22</sup>.

Podobnie jak w koncepcji D. Magnussona i innych podkreślano ważność percepcji środowiska i sytuacji, tak i tu podkreśla się wagę subiektywnej percepcji środowiska lub sytuacji, tzn. wewnętrznej ich interpretacji w czyjejś świadomości. Są to obrazy, reakcje emocjonalne i wiedza o środowiskach i sytuacjach. T. Tomaszewski wprowadza także do swojej koncepcji sytuacji pojęcie pozycji, jaką zajmuje człowiek w danym środowisku czy sytuacji<sup>23</sup>. Jeśli pozycja jednostki jest społecznie ustalona, wówczas można powiedzieć, że jednostka ta odgrywa rolę w danym środowisku lub grupie społecznej. Ważne znaczenie ma również fakt istnienia indywidualnych różnic w percepcji tych samych sytuacji. Różnice te wynikają:

- z pozycji zajmowanej przez obserwatora wewnątrz danej sytuacji lub wobec niej,
- z zadań. wykonywanych w danym środowisku czy w danej sytuacji,
- z subiektywnej wrażliwości sensorycznej lub emocjonalnej, wiedzy na dany temat, cech osobowości lub stanów psychicznych.

Dlatego też, aby zrozumieć sytuację danego człowieka, trzeba nie tylko *znać* ludzi, tj. posiadać informacje o ich cechach, lecz także *rozumieć* ludzi, tj. orientować się w ich stanach.

Środowiska i sytuacje można analizować pod względem strukturalnym i funkcjonalnym. Z pojęciem analizy funkcjonalnej wiąże się pojęcie znaczenia, jakie mają dla siebie elementy układu. Znaczenia są dwojakiego rodzaju: wartości i możliwości. Wartości to to, od czego zależy życie, rozwój, aktywność, pozycja, subiektywne samopoczucie człowieka, czyli to wszystko, co jest mu potrzebne do życia, rozwoju i dobrego samopoczucia. Możliwości to warunki, od których zależy realizacja tych wartości. Możliwości, jak zaznaczono w rozdziale 3 tej pracy, można rozpatrywać jako cechy człowieka (sprawstwo i poczucie sprawstwa) oraz jako cechy otoczenia, które człowiek dostrzega jako środki osiągnięcia swoich celów (władza, pieniądze, wpływ społeczny, narzędzia pracy itp.). W sytuacjach trudnych

<sup>21</sup> T. Tomaszewski 1984, s. 103.

<sup>22</sup> Por. *ibid.*, s. 194

<sup>23</sup> Por. *ibid.*, s. 104.

zaburzona zostaje równowaga między wymaganiami otoczenia a możliwościami człowieka.

Ze względu na kryterium celów działania sytuacje człowieka dzielą się na: życiowe, zadaniowe, behawioralne, zdrowotne *etc.* Ze względu na możliwości osiągnięcia celów sytuacje dzielą się na normalne i trudne.

Podział sytuacji na normalne i trudne ma szczególnie ważne znaczenie w analizie pracy ludzkiej, a zwłaszcza w określaniu obiektywnego obciążenia pracą. Wielokrotnie przedstawiałam tu badania, w których zmienną niezależną był typ sytuacji: trudna lub normalna. Analiza taka ma również szczególne znaczenie dla zrozumienia przyczyn popełniania błędów. Oczywiście, w eksperymentach modeluje się tego rodzaju sytuacje, natomiast w życiu sytuacje normalne mogą gwałtownie (awarie) lub płynnie zmieniać się w sytuacje trudne (stopniowe pogarszanie się warunków, np. jazdy samochodem). Przekształcenie się sytuacji normalnej w trudną, lub odwrotnie, jest wynikiem zmian cech elementów sytuacji zewnętrznych wobec człowieka - zarówno spostrzeganych przez niego jak i nie spostrzeganych (np. zmiany w wymaganiach, normach, regułach zachowania się, w dostępie do środków działania) oraz zmian w cechach podmiotu sytuacji (tzn. w jego stanach psychicznych, umiejętnościach, relacjach z innymi ludźmi itp.).

Podział sytuacji ze względu na kryterium: wartości i możliwości jest użytecznym narzędziem analizy powiązania człowieka z jego otoczeniem. Przykładem konkretnego zastosowania tego podziału w odniesieniu do środowisk wychowawczych jest następująca klasyfikacja (T. Tomaszewski 1975):

- sytuacje ważności - upośledzenia,
- sytuacje wymagań moralnych - rygorystycznego porządku,
- sytuacje osiągnięcia sukcesu - doznania porażki,
- sytuacje zagrożenia.

Jeśli chodzi o podział sytuacji ze względu na kryterium możliwości, to wyróżniono trzy ich rodzaje:

- sytuacje zależności,
- sytuacje władzy,
- sytuacje kontaktu społecznego.

Wszystkie typy sytuacji zawierają ideę interakcyjności, tj. wzajemnego powiązania i wzajemnego oddziaływania określonych elementów otoczenia oraz określonych cech człowieka i jego stanów.

Związek środowiska i sytuacji człowieka z niezawodnością jego działania jest tego rodzaju, że zarówno środowiska jak i sytuacje w różny sposób uzależniają człowieka nakładając nań większe lub mniejsze wymagania. Wymagania te mogą być odpowiednie do jego możliwości lub nieodpowiednie (zbyt małe lub zbyt duże). Mogą odnosić się zarówno do cech człowieka jak i do jego stanów.

Przystępując do konkretnych analiz relacji możliwości i wymagań stawianych człowiekowi w kontekście badań nad niezawodnością można postawić następujące pytania szczegółowe:

1. W jakich środowiskach i sytuacjach człowiek działa względnie niezawodnie, tzn. jaki rodzaj odpowiedniości między człowiekiem i jego otoczeniem jest *optymalny* (klasyczne problemy psychologii inżynierskiej i ergonomii).
2. W jakich środowiskach i sytuacjach następują drastyczne uchybienia w działaniu człowieka, w jakich jest on poddawany najwyższej próbie, słowem, jakie są *ekstremalne* warunki pracy człowieka zagrażające niezawodności jego działania nie tylko w sensie wykonywania czynności zawodowych, lecz także w sensie zagrożenia jego życia lub zdrowia.

Tak więc w modelu badań nad niezawodnością i środowiska, i sytuacje oraz ich cechy są traktowane jako zmienne niezależne (obok cech i stanów człowieka). Natomiast zmienną zależną jest zwykle określone działanie człowieka, obserwowalne lub określane za pomocą wskaźników, w których miarą zawodności (lub niezawodności) jest ilość i jakość błędów, potknięć, uchybień, niepowodzeń, ubytków zdrowia, zmniejszenia sprawności pracy itp.

Warto przypomnieć klasyfikację sytuacji trudnych (T. Tomaszewski 1984), gdyż ich analiza ma szczególne znaczenie dla zrozumienia istoty niezawodności człowieka. Oto ona:

- sytuacje przeciążenia (wymagania przewyższają możliwości),
- sytuacje typu przeszkody (bodźce nieoczekiwane, trudne itp.),
- sytuacje konfliktowe (konflikt wymagań, potrzeb, wartości, norm etc.),
- sytuacje zagrożenia (awaryjne),
- sytuacje deprywacji (deficyt czasu, deficyt informacji, brak środków *etc.*).

W kolejnych podrozdziałach omówimy niektóre sytuacje trudne, typowe dla pracy operatorskiej, w aspekcie ich wpływu na niezawodność w pracy człowieka; można je nazwać sytuacjami erogennymi.

## 4.1. Sytuacje zagrożenia (awaryjne)

Sytuacje zagrożenia są wynikiem takiej gwałtownej zmiany jednego elementu lub kilku elementów sytuacji, że następuje groźba utraty albo poważnego uszczerbku jakiejś wartości człowieka, jako podmiotu tej sytuacji, lub innych ludzi. Może to być życie lub zdrowie działającego podmiotu albo też życie lub zdrowie innych osób: współpracowników, pasażerów, mieszkańców miasta itp.

W technice sytuacje gwałtownych zmian w urządzeniu technicznym, prowadzące do tego rodzaju zagrożeń, nazywa się sytuacjami awaryjnymi (G.T. Bieriegowej i in. 1974). Awaria to taki stan zagrożenia dalszego działania układu technicznego lub układu człowiek-obiekt techniczny, który został wywołany usterkami technicznymi (np. uszkodzenie sygnalizacji systemu sterowania, uszkodzenie silnika). Uszkodzenia tego typu są bardzo różnorodne, zarówno ze względu na same uchybienia jak i na różnorodność skutków, jakie powodują w odniesieniu do samego człowieka, jego działania, wpływu na zasób informacji, jakie na temat awarii uzyskuje człowiek oraz rodzaju zdarzeń, jakie następują w wyniku awarii.

Te skutki w odniesieniu do zachowania się człowieka w odpowiedzi na sygnał awarii są dwójakiego rodzaju:

- reakcje przystosowawczo - obronne typu odruch orientacyjny - badawczy,
- złożone czynności umysłowe związane z oceną zaistniałej sytuacji, formowaniem strategii działania oraz utrzymaniem podzielności uwagi skierowanej na dwa obiekty: obserwacja aktualnego stanu oraz formułowanie planu przyszłego działania.

Wszystko to musi przebiegać bardzo szybko, w warunkach deficytu czasu, co dodatkowo obciąża człowieka działającego w takich sytuacjach (B.F. Łomow i in. 1977).

Przykładem sytuacji awaryjnej w pracy operatorskiej są awarie samolotów w czasie lotu. Wymagają one pełnej mobilizacji sił pilota, zarówno uwarunkowanych biologicznie jak i nabytych, oraz uruchomienia mechanizmów obronnych. W skład mechanizmu obronnego wchodzi: aktywacja odruchu orientacyjnego,

wzrost napięcia emocjonalnego jako akt przystosowawczy w procesie oceny niebezpieczeństwa, aktualizacja mechanizmu antycypacji zdarzeń oraz takie działanie, które jest wyprzedzeniem zdarzenia niebezpiecznego. Jednym słowem, następuje gwałtowne „nastrojenie” całego organizmu oraz wszystkich funkcji psychicznych na pojawienie się nieoczekiwanego zdarzenia. Podwyższa się tonus mięśni, nasila krążenie krwi, wzrasta tętno, wzrasta czułość narządów zmysłów tak, że są one zdolne do odbioru słabych bodźców, tj. obniżają się progi wrażeń absolutnych.

W sytuacjach awaryjnych ludzie zachowują się inaczej niż w pozostałych rodzajach sytuacji trudnych, takich jak np. pogorszenie się fizycznych warunków pracy, wzrost temperatury lub przyspieszenia, nadmierne wibracje czy też spadek ciśnienia atmosferycznego. Sytuacje awaryjne są jak gdyby w szczególny sposób „zaadresowane” do psychiki człowieka, tzn. siła i czas trwania tych sytuacji w dużym stopniu zależą od psychicznego stanu człowieka. Na przykład człowiek w stanie paniki zupełnie inaczej ocenia treść zmian, które zachodzą w otoczeniu, i może spotęgować groźne skutki. Awaria w takim przypadku będzie poważniejsza niż wówczas, gdyby zdarzyła się w obecności człowieka zdolnego do szybkiej i trzeźwej oceny, sformułowania strategii działania i wykonywania błyskawicznie zaplanowanych czynności. W sytuacji deficytu czasu dla jednego człowieka sytuacja gwałtownej zmiany w urządzeniu może być awarią, dla innego nie. Psychiczna gotowość człowieka do działania w sytuacji awaryjnej zależy od następujących czynników:

- pełnej informacji o tym, co się zdarzyło,
- czasu niezbędnego do usunięcia awarii,
- informacji o efektywności własnych działań korekcyjnych,
- stopnia wyrazistości zaburzenia dotychczasowego stereotypu działania.

W analizie zachowania się człowieka w sytuacji awaryjnej, która może się pojawić w procesie pracy typowej dla operatora, rozróżnia się dwie charakterystyki sygnałów: (1) ich dostrzegalność, (2) zawarta w nich treść informacji oraz trzy poziomy nasilenia sygnałów: wysoki, średni i niski.

Poziom dostrzegalności sygnałów w zasadniczy sposób wpływa na proces odbioru informacji. Pierwszy etap to reakcja orientacyjna typu: „co to takiego?”, która, przy wysokim stopniu dostrzegalności sygnału awaryjnego, wywołuje mimowolne przełączenie uwagi z dotychczas wykonywanej czynności na nowe, nieoczekiwane zadanie. Za pomocą mechanizmu przetwarzania informacji (rozpoznanie treści sygnału i podjęcie decyzji) oraz porównania sygnału dostrzeżonego z obrazem sytuacji, człowiek formułuje hipotezę: „zdarzyło się to i to”. O ile dla dostrzeżenia sygnału ważny jest jego poziom dostrzegalności, o tyle w procesie porównywania niezbędna jest treść informacji oraz stopień jej określoności. Treść informacji może być: określona, sprzeczna lub nieokreślona. Treść określona pozwala na rozpoznanie sytuacji bez przeszkód i odbywa się nieomal w tym samym czasie, co rozpoznanie. Informacja sprzeczna jest charakterystyczna dla sygnałów pośrednio związanych ze zdarzeniem. Na przykład uszkodzenie jednego ze wskaźników w grupie (rozregulowanie się) może doprowadzić do nieprawidłowej oceny i fałszywej decyzji. Informacja nieokreślona jest charakterystyczna dla większości sygnałów naturalnych. Ich dostrzeżenie stymuluje do aktywnego poszukiwania informacji, a także do aktualizacji doświadczenia zdobytego w analogicznych sytuacjach.

W konkretnych sytuacjach awaryjnych możliwe są różne kombinacje poziomu dostrzegalności oraz jakości informacyjnej sygnałów. Ponieważ informacyjne współdziałanie operatora z układem technicznym zależy nie tylko od charakteru sygnałów, lecz także od psychicznej gotowości człowieka do reagowania na te sygnały, przede wszystkim zaś od treści modelu sytuacji, jaki wytwarza w swoim



umyśle operatora, to subiektywne sytuacje awaryjne można sklasyfikować następująco: sytuacje określoności charakteryzujące się nieoczekiwanym wynikiem oraz sytuacje deficytu czasu i deficytu informacji.

## 4.2. Sytuacje deficytu informacji

Istnieją dwa zasadnicze rodzaje deficytu (braku) niezbędnych środków do działania lub zaspokajania potrzeb człowieka. Ponieważ w pracy operatora najczęstszym rodzajem środków działania jest informacja, a ponadto działanie to odbywa się w warunkach ograniczenia czasu, wymagającego nieraz dużej szybkości działania, najczęściej porusza się problemy związane z tymi dwoma rodzajami braków: braku informacji i braku czasu. Chodzi tu także o rozróżnienie polegające na tym, że owe deficyty mogą być realnymi brakami oraz brakami, które człowiek odczuwa subiektywnie. Na przykład względnie trwała temperamentalna cecha człowieka, jaką jest zapotrzebowanie na stymulację, może powodować, że napływająca informacja dla jednych będzie wystarczająca, a dla innych zbyt ograniczona. Kryterium pozwalającym sądzić, czy mamy do czynienia z brakiem, czy z nadmiarem informacji jest treść zadań, jakie są stawiane człowiekowi w pracy. To one ostatecznie „odmierzają” owe dawki niezbędne, które musi otrzymać tzw. średni, przeciętny, człowiek, któremu zadania te zlecono.

Sytuacje deficytu informacji lub deficytu czasu mogą występować chwilowo lub w sposób trwały, chronicznie blokując i utrudniając aktywność człowieka na dłuższe okresy, prowadząc niekiedy do poważnych zaburzeń jego zachowania się. Skrajnym przypadkiem deficytu informacji jest całkowita deprywacja sensoryczna, całkowite odcięcie człowieka od dopływu wszelkiej stymulacji, co zresztą jest możliwe jedynie w starannie zaplanowanym eksperymencie laboratoryjnym mającym na celu badanie stanu hipoksji.

Podobnie jest z nadmiarem informacji. Może występować obiektywnie, a może też być subiektywny, obciążający zmysły i mózg człowieka. Dzieje się tak wówczas, gdy człowieka cechuje wysoka reaktywność i małe zapotrzebowanie na stymulację oraz gdy brak mu wprawy w odbieraniu i przetwarzaniu informacji określonego typu.

Zarówno nadmiar jak i brak informacji mogą mieć negatywny wpływ na działanie, mogą powodować błędy i potknięcia. Będą one miały różny charakter i człowiek może podjąć różne strategie w celu radzenia sobie z nimi. W sytuacji braku informacji człowiek będzie uruchamiał dodatkowe rezerwy pomagające w jej poszukiwaniu, będzie tworzył hipotezy i próbował je sprawdzić, aby uzupełnić luki w informacji. W sytuacji nadmiaru informacji będzie wybiórczo reagował na napływające informacje, dokonywał ich selekcji i „filtrowania”. W przypadku przedłużania się tego stanu nastąpi całkowite wyłączenie się człowieka z toku pracy.

Stany te dobrze tłumaczy hipoteza jednokanałowego przewodnictwa Welforda, zgodnie z którą możliwość jednoczesnego przetwarzania informacji napływającej z dwu odrębnych kanałów informacyjnych jest u człowieka ograniczona. W sytuacji braku informacji wystąpią błędy związane z nietrafnym przewidywaniem i błędnym rozumowaniem, a w sytuacji nadmiaru - błędy typu opuszczenie.

Szybkość przetwarzania informacji przez człowieka pod względem formalnym jest wielkością określoną (w bitach/sek), ale nie wszystkie informacje dadzą się scharakteryzować w sposób ilościowy. W pracy człowieka ważna jest także treść nadawanej i odbieranej informacji, a zwłaszcza jej znaczenie oraz doniosłość dla operatora. Jeden prosty sygnał może nieść bardzo ważną informację, np. na temat zbliżającej się awarii lub innych ważnych zdarzeń, a niekiedy duża ich liczba może zawierać informację mało istotną.

W sytuacji braku informacji człowiek znajduje się w stanie niepewności i konstruuje hipotezy dotyczące przyszłych zdarzeń. W sytuacji nadmiaru informacji będzie dokonywał redukcji informacji i analizował tylko te, które, jego zdaniem, są ważne dla toku pracy.

Sposoby przekazywania informacji człowiekowi powinny uwzględniać nie tylko procesy odbioru i dekodowania, lecz także podejmowania na ich podstawie decyzji. Ważne są więc relacje między pełnością informacji a trafnością decyzji (im pełniejsza informacja, tym właściwsza i szybsza decyzja) oraz między nadmierną ilością informacji a trafnością decyzji.

Optymalizacja procesów kodowania informacji powinna być dokonywana na podstawie eksperymentalnych badań nad odpowiednością ilości i jakości sygnałów i tzw. przepustowością kanałów informacyjnych człowieka oraz jego zdolnością do sensownego jej przetwarzania.

### 4.3. Sytuacje deficytu czasu (stres czasu)

Brak czasu niezbędnego do wykonania określonych zadań jest jednym z poważniejszych źródeł stresu. Sytuacje tego rodzaju nazywa się często stresem czasu. Zła organizacja pracy, polegająca na tym, że czas na wykonanie określonych czynności jest zbyt krótki, powoduje najbardziej drastyczne subiektywne skutki pracy, tzn. zmęczenie, które jest odczuwane nawet po powrocie z pracy do domu.

Stres czasu uważany jest także za główny czynnik wielu chorób somatycznych, a zwłaszcza chorób układu krążenia, z chorobą nadciśnieniową i chorobami serca.

Podobnie jak w innych rozdziałach, tak i tu przykładem pracy w warunkach stresu będzie praca pilota (B.F. Łomow i in. 1977).

Do najbardziej „szybkościowych”, tj. przebiegających w swoistym deficycie czasu, zawodów należą: kierowca, maszynista, pilot, tj. zawody związane z transportem i ruchem pojazdów, a także ze sterowaniem ruchem na kolei, w metro, w portach lotniczych itp.

Tak np. na określenie położenia samolotu i wykonanie odpowiedniej czynności pilot potrzebuje 1,35 sek. w warunkach widzialności, a w warunkach lotu ślepego aż 1,55 sek. Każdy pilot dokonuje od 20 do 30 różnych operacji w ciągu 3-5 minut, a przez 94% czasu lotu jest zajęty wykonywaniem rozmaitych czynności, w tym 67% czasu przypada na operacje umysłowe (orientacja, obliczenia nawigacyjne, korzystanie z mapy, odczytywanie wskaźników), 27% na czynności ruchowe. Średnia liczba fiksacji oka wynosi 86/min; w czasie dwóch sekund pilot kontroluje 3 urządzenia wskaźnikowe. Przy lądowaniu liczba ruchów gałek ocznych wynosi od 150 do 200/min, tj. w ciągu 1 sekundy pilot kontroluje wzrokiem 3 urządzenia wskaźnikowe.

Podobnie, dyżurny ruchu lotniczego. Każde połączenie z pilotem wymaga aż 10 elementarnych czynności koniecznych do opracowania uzyskanej od niego informacji. Przy ruchu samolotów wynoszącym 30 na godzinę dyżurny ruchu musi dokonać 12 połączeń w ciągu minuty. Jedno połączenie składa się z: zamówienia i przekazania informacji oraz wydania rozkazu. Innymi słowy, do zrealizowania tak rozumianego połączenia dyżurny ruchu ma do dyspozycji 5 sekund.

Podobnie jest z pracą maszynistów i dyżurnych ruchu na kolei. Odbierają oni 2 komunikaty na minutę. Komunikat składa się z: nazwania obiektu, nazwania procesu roboczego lub stanu obiektu (numer pociągu), czasu wykonania operacji lub znalezienia obiektu w danym stanie, miejsca, w którym znajduje się obiekt, oraz dokonania operacji (np. podanie semafora). Dyżurny ruchu dokonuje 1,5 operacji na minutę i układa marszrutę (czyli drogę przebiegu) pociągów co 2 minuty. Ułożenie jednej marszruty wymaga wykonania 10 różnych operacji: percepcyjnych, umysłowych oraz motorycznych.

Operator na górcie rozrządowej w ciągu 6-8 minut dokonuje nawet 80 odpręgów; odstęp czasu między odpręgami wynosi 4-5 sekund. W ciągu 2-3 sekund musi on zdać sobie sprawę z kolejności i wykonać od 5 do 6 połączeń wagonów. Opóźnienie wykonania czynności o 0,5 sekundy może spowodować katastrofę.

Deficyt czasu w sytuacji awaryjnej nabiera jeszcze większego znaczenia. Przy zakłóceniach funkcjonowania górci rozrządowej dynamika czynności wzrasta, prawie dwukrotnie wzrasta także łączna liczba elementów algorytmu czynności.

W cytowanej już pracy B.F. Łomowa i in. (1977) podane są minimalne i maksymalne wartości czasu odbioru i przetworzenia informacji, która dotyczy awarii samolotu. Czas dostrzeżenia awarii wynosi od 0,2 do 0,4 sekundy. Czas podjęcia decyzji od 1 - 2 do 15 sekund. Tak bywa w sytuacji symulowania lotu, tj. w laboratorium treningowym. W sytuacji rzeczywistej czas ten się wydłuża i wynosi odpowiednio: dostrzeżenie informacji od 0,8 do 1,2 sek., a podjęcie decyzji od 2,5 do 3,5 sek.

Autorzy wspomnianej pracy w celu odróżnienia czasu niezbędnego do wykonania danej czynności od czasu niewystarczającego do jej wykonania wprowadzili pojęcie tzw. limitu czasu. Limit to czas ograniczony, nie pozwalający na zwłokę, namysł, kunktatorstwo itp. Natomiast deficyt czasu to ostry brak czasu, drastycznie odczuwany przez człowieka jako przeszkoda w jego działaniu wywołująca dolegliwe poczucie napięcia psychicznego, zwanego stresem czasu.

Deficyt czasu sięga granic możliwości ludzkiego działania i dlatego też jest traktowany jako szczególnie silnie oddziałujący czynnik stresu.

Limit czasu występuje w wielu zawodach, deficyt - z reguły w sytuacjach awaryjnych. Limit dotyczy prac, w których trzeba dokonywać odbioru i przetwarzania dużej ilości informacji w ściśle określonym czasie (widać to wyraźnie w pracy dyspozytora ruchu) oraz prac wymagających szybkiego tempa wykonywania złożonych czynności, wreszcie prac, gdzie występuje zarówno pierwszy jak i drugi rodzaj czynności.

Oczywiście, pojęcie deficytu czasu jest względne. Istnieją fizjologiczne wskaźniki odbioru poszczególnych wrażeń, które wskazują na rzeczywisty deficyt oraz tzw. poczucie braku czasu. Ogólnie biorąc, im bardziej złożona działalność, tym większe rzeczywiste i absolutne wartości czasu; mogą one jednak okazać się deficytowe w konkretnych sytuacjach wykonywania tych zadań.

Warunki powstawania sytuacji deficytu czasu są następujące:

- obiektywne, dotyczące prędkości charakterystyki sterowanych obiektów (samoloty, samochody, sputniki itp.), duże tempo napływu informacji,
- krótkotrwałość działania sygnału na człowieka,
- złożoność sterowania obiektami, która powoduje, że w określonej jednostce czasu napływa zbyt duża ilość informacji o każdym elemencie, wymagająca wykonania w tym samym czasie różnorodnych złożonych czynności,
- gwałtowne i dramatyczne zakłócenia w funkcjonowaniu sterowanego obiektu, wymagające dodatkowej interwencji, błyskawicznej i „jedynie słusznej”.

W.P. Zinchenko (1977) zaproponował wzór opisujący sytuację czasu w pracy operatora:

$$\sum t_i < T \quad (i = 1, \dots, 3),$$

gdzie:  $T$  - pewien zadany, krańcowo niezbędny, czas wykonania czynności;  $\sum t_i$  - subiektywny czas wykonania czynności;  $t_1$  - czas odbioru informacji przez człowieka;  $t_2$  - czas przetworzenia informacji;  $t_3$  - czas wykonania czynności sterowniczej.  $T$  jest czasem obiektywnie potrzebnym do wykonania czynności, a suma czasów  $t_i$  jest czasem subiektywnym. Deficyt czasu występuje wtedy, gdy:

$$\sum t_i > T$$

Wielkość subiektywnego składnika tego wzoru ( $\sum t_i$ ) zależy zarówno do subiektywnych jak i od obiektywnych czynników, takich jak np. ogólnie zła organizacja toku pracy, zły podział funkcji, nadmierne obciążenie operatora, niewłaściwa konstrukcja urządzeń informacyjnych, niskie kwalifikacje operatora, ogólne temperamentalne cechy determinujące szybkość spostrzegania, myślenia i wykonywania czynności ruchowych oraz cechy i stany człowieka, w tym stan nadmiernego napięcia emocjonalnego.

Jak zapobiegać powstawaniu sytuacji deficytu czasu, jako czynnikowi stresu? Z wyliczenia czynników obiektywnych oraz subiektywnych determinujących sytuację deficytu czasu nie wynika wprost, w jaki sposób zapobiegać ich powstawaniu. Rzecz w tym, że nie wszystkie są do usunięcia, a ponadto w rzeczywistych warunkach pracy mogą się one potęgować. Jeśli niewyszkolony operator wykonuje czynności w źle zaprojektowanej kabinie, znajdując się ponadto w stanie zmęczenia, to w sytuacji awarii subiektywny czas wykonania czynności (usunięcia awarii) jest znacznie dłuższy od czasu obiektywnego. Jedną z najbardziej skutecznych dróg skracania owego subiektywnego czasu jest trening w zakresie umiejętności rezerwowania czasu oraz wyrabianie przekonania, że istnienie automatycznych urządzeń sterowniczych (np. pilota automatycznego) nie zdejmuje z człowieka odpowiedzialności za całokształt pracy systemu człowiek-urządzenie techniczne. Za pomocą takiego treningu udało się zwiększyć prawdopodobieństwo dokładnego manewru samolotu w czasie awarii urządzeń automatycznych od 1,5 do 3 razy.

Sytuacje deficytu czasu mogą powodować różnorodne błędy (przede wszystkim są to błędy typu opuszczenie), ale mogą też prowadzić do tego, że zamiast czynności istotnych zostaną wykonane czynności nieistotne oraz czynności w normalnych warunkach wykonywane szybciej, w sytuacji deficytu czasu mogą ulec dezautomatyzacji.

Subiektywne poczucie braku czasu, tj. poczucie, że się ma mniej czasu niż to jest obiektywnie konieczne, może wręcz sparaliżować wszelkie działania człowieka. A przecież może być tak, że obiektywnie czasu jest dość, lecz człowiek mylnie ocenia swoją sytuację pod względem czasu działania. Czas sam w sobie jest ważną obiektywną możliwością człowieka. Wiele porażek przekształciłoby się w powodzenie, gdyby pracy ludzkiej towarzyszyło poczucie komfortu czasu, a nie poczucie stresu czasu.

Czasu nie da się cofnąć, powtórzona czynność jest już inną czynnością, lepszą lub gorszą, ale nie identyczną, wiele czynności ma charakter nieodwracalny (co się stało, to się nie odstanie). Stąd w klasyfikacji błędów jednym z najważniejszych rodzajów błędów jest błąd czasu, tj. czynność wykonana nie w porę (zbyt wcześnie lub za późno) bądź nie wykonana wcale (opóźnienie, opuszczenie, nie dokończone ruchy, nie wykonane zamiary itp.). Można powiedzieć, że czas staje się wartością samą w sobie, a nie tylko wartością instrumentalną - warunek niezbędny wszelkiego działania. Czas życia, czas pracy, czas wypoczynku to przedmiot oddzielnych analiz psychologicznych, których celem jest poznanie systemu wartości człowieka. Stosunek czasu danego człowiekowi przez naturę do czasu subiektywnie potrzebnego do spełnienia pragnień, zamiarów, planów życiowych ma szczególne znaczenie w poczuciu własnego sprawstwa i własnych możliwości, a także przyczynia się do tworzenia koncepcji własnego rozwoju i własnego szczęścia.

## 5. CZYNNOŚCI CZŁOWIEKA I ICH MECHANIZMY REGULACYJNE

Celem tego rozdziału jest w pewnym sensie dokonanie syntezy tego, co powiedziano w rozdziałach poprzednich, w których wiedza na temat błędów i przyczyn ich powstawania celowo została „pokawałkowana”, podzielona na części, a analiza dotyczyła poszczególnych czynników wziętych każdy z osobna. To, jak zachowa się człowiek w konkretnej sytuacji pracy zależy, oczywiście, od każdego elementu tej sytuacji czy środowiska oraz od cech podmiotu sytuacji, czyli człowieka. W badaniach celowo izoluje się poszczególne elementy i ujmuje jako „zmienną”, osobowościową i sytuacyjną, a następnie analizuje się interakcyjny wpływ tych dwóch rodzajów zmiennych, o ile pozwalają na to metody i techniki badań. Przy tego rodzaju analitycznym podejściu ginie jednak całościowy charakter zachowania się człowieka.

W niniejszym rozdziale chodzi o przedstawienie danych na temat regulacji zachowania się człowieka przy wykonywaniu czynności zawodowych, głównie typu operatorskiego, oraz na temat uchybień i błędów przy ich wykonywaniu. Zachowanie się traktowane jest jako proces całościowy. Jednostką analizy nie jest więc błąd, pewna kategoria błędów czy też pewien aspekt czynności, lecz czynność jako taka albo łańcuch czynności w procesie wykonywania określonych zadań.

Tak więc, chociaż powszechnie przyjmuje się, że zachowanie się człowieka zależy od jego cech i stanów oraz od cech i stanów otoczenia, brak odpowiedzi na pytanie, jak to się dzieje w konkretnych sytuacjach i środowiskach oraz w odniesieniu do konkretnych ludzi, że oddzielne reakcje odruchowe i ruchy dowolne łączą się w sensowne całości. Jakie są mechanizmy regulacyjne rządzące powstawaniem i przebiegiem tych czynności człowieka. Odpowiedź na pytanie dotyczące mechanizmów regulacyjnych czynności ma znaczenie bardziej ogólne, jest to bowiem centralny punkt psychologii jako nauki o psychice i zachowaniu się człowieka, problem o charakterze teoretycznym. Widoczny jest jednak również sens praktyczny rozstrzygnięć dotyczących regulacji zachowania się człowieka w konkretnych sytuacjach pracy, przy wykonywaniu przez człowieka czynności zawodowych.

Koncentracja wysiłków badawczych zmierzających do wykrycia owych mechanizmów regulacyjnych wypływa z przekonania badaczy, że izolowane fragmenty wiedzy nie dadzą się scalić na zasadzie mechanicznego „złożenia”, którego wynikiem jest uzyskanie składanki czy mozaiki danych. Niezbędne jest znalezienie odpowiedzi nie na pytania dotyczące wpływu poszczególnych czynników na zachowanie się człowieka, lecz na pytanie bardziej ogólne, jaki jest mechanizm psychicznej regulacji zachowania się człowieka, a w szczególności mechanizm rządzący wykonywaniem przezeń określonych czynności zawodowych. Chodzi tu o opis i wyjaśnienie przebiegu procesu regulacji psychicznej.

W tej pracy nie ma wyczerpujących odpowiedzi na to pytanie, gdyż brak wielu ważnych przesłanek teoretycznych oraz danych pochodzących z eksperymentów. Jednak istnieją pewne próby i pewne wyniki, które warto rozważyć, aby w przyszłości zaplanować odpowiednie badania, które przyczynią się do sformułowania takich odpowiedzi.

Zajmiemy się tu opisem i wyjaśnieniem pewnych znanych oraz pewnych hipotetycznych mechanizmów regulacji czynności typu operatorskiego, gdyż ten rodzaj czynności najczęściej był obiektem badań i analiz psychologicznych o charakterze eksperymentalnym.

Trzeba będzie odwoływać się do stwierdzeń i dyskusji przedstawionych we wcześniejszych rozdziałach pracy, zwłaszcza do fragmentu dotyczącego mechanizmów powstawania błędów oraz sytuacji trudnych występujących dość często w pracy typu operatorskiego. Wypada rozpocząć od całościowej charakterystyki

pracy operatora, czyli od opisu jego zachowania się, które można obserwować i analizować za pomocą istniejących metod i technik badań psychologicznych.

## 5.1. Charakterystyka pracy operatora

Istota pracy typu operatorskiego polega na tym, że człowiek wykonuje czynności w warunkach pośredniej kontroli przedmiotu pracy. Uczestniczy zdalnie w sterowaniu obiektami lub procesami albo w regulowaniu ich. O sterowaniu mówimy wówczas, gdy istnieje równowaga między procesami informacyjnymi i energetycznymi, o regulowaniu, gdy istnieje przewaga procesów informacyjnych. Podstawową zasadą regulacji jest krążenie informacji na zasadzie sprzężenia zwrotnego, a podstawowym celem regulacji jest likwidacja różnicy między stanem rzeczywistym a stanem pożądanym.

Do podstawowych zadań operatora należy zatem zdobywanie informacji o pożądanym stanie sterowanego obiektu (lub regulowanego procesu) oraz dokładne odbieranie informacji o jego stanie aktualnym (rzeczywistym). Proces ten składa się z wyodrębnienia obiektu z tła, rozpoznania, identyfikacji, podjęcia decyzji co do sytuacji, podjęcia decyzji co do metody, dokonania wyboru czynności oraz wykonania samej czynności.

Z owego pośredniego charakteru oddziaływania człowieka na przedmiot pracy wynika, że napływająca informacja zostaje mu przekazana za pomocą urządzeń sygnalizacyjnych w postaci *zakodowanej*. Powoduje to, że tzw. etap odbioru informacji jest czymś więcej niż odbiorem bodźców fizykalnych; wymaga złożonych operacji umysłowych związanych z dekodowaniem, porządkowaniem i klasyfikowaniem informacji. Dekodowanie informacji jest jej przetworzeniem. W tym sensie powszechnie przyjęty schemat analizy pracy operatorskiej - podział na czynności odbioru, przetwarzania i przekazywania informacji - jest nieścisły, jeśli nie wręcz bałamutny, wywołujący nieporozumienia.

Na podstawie wiedzy można powiedzieć, że istota wszelkich czynności typu operatorskiego polega na manipulowaniu informacjami w różnych formach. Inaczej się to odbywa na etapie dekodowania, inaczej przy tworzeniu hipotez o stanie sterowanego obiektu, jeszcze inaczej przy podejmowaniu decyzji o sposobie działania oraz przy wyborze konkretnych czynności. W tym momencie także potrzebna jest informacja i jej przetworzenie na „rozkazy” wydawane mięśniom układu ruchowego człowieka.

W odniesieniu do każdego z wyżej wymienionych etapów trzeba oddzielnie rozważyć specyfikę owego manipulowania informacjami i ich przetwarzania.

*Etap odbioru* informacji rozpoczyna się od fazy odbioru zjawisk fizycznych jako nośników informacji za pomocą odpowiednich narządów zmysłów. Dzięki temu następuje zestawienie znaku i znaczenia oraz utworzenie obrazu poznawczego procesu lub zjawiska (obiektu), który następnie stanie się celem działania operatora. O ile ta pierwsza faza jest dobrze poznana dzięki rozwojowi psychofizyki i psychofizjologii narządów zmysłów (głównie wzroku, słuchu i dotyku), o tyle faza rozszyfrowywania informacji jest mniej poznana. Najbardziej tajemniczym zjawiskiem wciąż jest tworzenie się owego obrazu celu, który przez niektórych badaczy jest także nazywany modelem celu. Obraz ten może być niezbyt wyrazisty, ale jego istnienie pozwala człowiekowi rozpocząć proces porównywania odbieranych informacji oraz proces elementarnie spójnego działania.

W każdej pracy typu operatorskiego większość informacji dostarczają urządzenia sygnalizacyjne, co wymaga w mniejszym lub większym stopniu dekodowania. Tylko pewna część (bardzo niewielka) informacji dociera do operatora w formie tzw. sygnałów naturalnych (np. swąd tłącego się przewodu w momencie awarii, nagrzewanie się kabiny). Między tymi dwoma rodzajami sygnałów mogą zachodzić

konflikty utrudniające interpretację i dekodowanie informacji, mogą też powstawać iluzje, a więc typowe błędy spostrzegania.

Ten drugi poziom (faza) odbioru informacji, tj. dekodowanie, jest, jak już powiedziano, znacznie słabiej zbadany, gdyż w procesie tym pojawiają się informacje będące następstwem doświadczenia operatora oraz zachodzi, jak się przypuszcza, proces dynamicznej syntezy aktualnie napływającej informacji z informacją przechowywaną w pamięci, zarówno długotrwałej jak i operatywnej.

Ogólnie przyjętą hipotezą jest hipoteza wyjaśniająca procesy dekodowania informacji zaproponowana przez J.A. Swetsa, W.P. Tannera (Jr.) i T.G. Birdsalla (1961). Wyjaśnia ona proces przetwarzania informacji jako statystyczną weryfikację hipotez dotyczących postulowanych przez korę mózgową stanów otoczenia.

Kolejnym etapem pracy operatora jest *etap organizacji* odebranej i rozszyfrowanej informacji w celu stworzenia *modelu zadania*, które pojawiło się w danej sytuacji. Są to głównie procesy decyzyjne *sensu stricto* - świadome formułowanie przez człowieka hipotez oraz ich sprawdzanie.

*Podejmowanie decyzji* odbywa się w dwu różnych typach sytuacji: w sytuacji, gdy jest dużo możliwych rozwiązań, a operator musi wybrać jedno z nich oraz w sytuacjach, gdy pojawiają się nieoczekiwane okoliczności (sytuacje narastającej nieokreśloności) i związane z tym problemy, które należy rozwiązać. Możliwe są cztery warianty decyzji:

1. prawidłowe potwierdzenie,
2. prawidłowa negacja,
3. ignorowanie pewnych informacji,
4. przyjmowanie fałszywej hipotezy (o czym była mowa przy okazji omawiania mechanizmów powstawania błędów).

Aby prawidłowo podjąć decyzję, operator musi przyjąć określone kryterium decyzyjne. Kryteria przyjmowane przez operatora w tego typu pracy (tj. przy wykrywaniu sygnałów oraz przy podejmowaniu świadomych decyzji, jak wykonać zadanie) mogą być dwójakiego rodzaju:

- kryterium minimalnej subiektywnej *nieokreśloności* - człowiek stara się tak pracować, aby zmniejszyć nieokreśloność sytuacji, poznać ją, zrozumieć itp.;
- kryterium maksymalnej *stałości* - człowiek stara się tak pracować, aby ściśle wykonać postawione zadanie.

Na etapie zdobywania wprawy i uczenia się zwykle dominuje kryterium pierwsze, a gdy operator nabył już wprawy - kryterium drugie.

Proces podejmowania świadomych decyzji składa się z czterech faz (patrz rozdział 2): wyodrębnienie problemu, sformułowanie hipotezy na temat istniejącego stanu rzeczy lub stanu przyszłego, ocena wariantu rozwiązania (weryfikacja hipotezy) oraz przyjęcie ostatecznego wariantu działania, zapewniającego osiągnięcie celu.

Szczegółowa analiza zależności między fazami podejmowania decyzji wykazała istnienie pięciu rodzajów decyzji według kryterium formułowania hipotezy lub hipotez (B.F. Łomow i in. 1977):

- decyzje impulsywne, gdy hipoteza jest przyjęta bez oceny (faza druga dominuje nad trzecią),
- decyzje ryzykowne, gdy hipoteza oceniana jest tylko częściowo lub pobieżnie,
- decyzje zrównoważone, gdy wszystkie wysuwane hipotezy są w równym stopniu oceniane,

- decyzje asekurancie, gdy kontrola przeważa nad procesem wysuwania hipotez,
- decyzje inercyjne lub kunktatorskie, gdy procesy oceniania hipotez dominują nad procesami ich wysuwania, co sprawia, że podejmowanie decyzji jest powolne i niepewne, odraczane w czasie.

Z powyższego zestawienia rodzajów decyzji nietrudno wywnioskować, że pierwszy i ostatni rodzaj to decyzje najmniej efektywne i najmniej niezawodne. Najbardziej efektywne oraz niezawodne są decyzje typu trzeciego i czwartego, co oznacza, że najlepsza jest tzw. ostrożna śmiałość. Można także dodać, że to, w jaki sposób człowiek podejmuje w danych warunkach decyzje, zależy od jego względnie stałych cech, takich jak np. skłonność do podejmowania decyzji określonego typu. Stąd właśnie biorą się określenia „ryzykant”, tj. człowiek skłonny do szybkiego podejmowania decyzji, czy „kunktator”, tj. człowiek zwlekający, odraczający moment jej podjęcia.

Jeśli operator w przeszłości miał do czynienia z sytuacjami nieokreślonymi i działał w warunkach deficytu czasu, a konsekwencje popełnianych błędów nie były poważne, to może wystąpić u niego tendencja do podejmowania decyzji ryzykownych. Natomiast jeśli częściej wypadało mu działać w sytuacjach trudnych, w których szybko podjęte decyzje prowadziły do poważnych i nieodwracalnych konsekwencji, przy małym stopniu określoności tych sytuacji, z czasem może pojawić się u niego tendencja do podejmowania decyzji odroczonej lub inercyjnej. Podejmowaniu decyzji zrównoważonych sprzyja sposób przekazywania informacji. Chodzi tu nie tylko o ułatwienie samego odbioru informacji, lecz także o przekazanie odpowiedniej jej ilości. Nadmiar informacji może bowiem, podobnie jak jej brak, spowodować odroczenie powzięcia decyzji.

Kolejnym etapem pracy operatora jest wypracowanie odpowiedniej *strategii działania*. Jeśli odbiór informacji był prawidłowy oraz decyzja słuszna, etap ten nie nastręcza poważniejszych trudności operatorowi; rozpoczyna on motoryczną realizację programu działań, którego kontrola sprawowana jest przez odrębne mechanizmy, o których będzie mowa w kolejnych paragrafach tego rozdziału.

Historycznie pojawienie się pracy typu operatorskiego było uwarunkowane przeobrażeniami rozwojowymi zachodzącymi w procesach uprzemysłowienia. Wraz z rozwojem techniki rosła liczba obiektów i ich parametrów, którymi trzeba było sterować. To z kolei spowodowało konieczność centralizacji funkcji planowania procesów pracy i kierowania nimi.

Coraz częściej pojawia się też konieczność sterowania szybko poruszającymi się obiektami, oddalonymi od sterującego człowieka nieraz o setki kilometrów; o dynamice zmian zachodzących w obiekcie lub zmian położenia obiektu człowiek wnioskuje na podstawie danych, pochodzących z urządzeń sygnalizacyjnych, w formie zakodowanej. Wzrastają więc wymagania co do dokładności i szybkości działania oraz podejmowania decyzji. Niepomniernie wzrasta także stopień odpowiedzialności operatora za skutki swoich błędów przy wykonywaniu prostych na pozór czynności. Następuje także istotne zmniejszenie aktywności fizycznej oraz możliwości obcowania społecznego, a przecież wiadomo, że właśnie te możliwości związane ze środowiskiem pracy są przez człowieka bardzo cenione.

Warto też wspomnieć o występującej tendencji do narażania człowieka na czynniki zagrożenia. Coraz częściej zakres jego możliwości jest wystawiany na próbę o charakterze niemal ostatecznym, jego działania bardzo często przebiegają w warunkach ekstremalnych (piloci - oblatywacze, kosmonauci, operatorzy elektrowni atomowych, nawigatorzy okrętów). Kontrast między tymi sytuacjami a sytuacjami, z jakimi ma do czynienia człowiek znajdujący się poza terenem tej pracy, oraz z sytuacjami, które przewiduje tradycyjna organizacja pracy, jest ogromny. Tak więc, z jednej strony, wymagania dotyczące energetycznej strony wykonywania pracy maleją, z drugiej zaś, w sytuacjach awaryjnych oczekuje się, że człowiek będzie działał niezwykle energicznie, z wykorzystaniem wszystkich swoich umysłowych i energetycznych rezerw. Niekiedy w ciągu ułamka sekundy



człowiek musi przyjąć ogromną ilość informacji, podjąć właściwą decyzję i jeszcze ją wykonać. Te momenty, zazwyczaj nieoczekiwane, powodują powstawanie stanów przeciążenia układów sensorycznych i intelektu oraz prowadzą do skrajnego napięcia emocjonalnego (B.F. Łomow i in. 1977).

Wyżej wspomniane tendencje w mniejszym lub większym stopniu mogą występować w każdym typie pracy operatorskiej. Wyróżniając cztery główne typy pracy operatorskiej trudno powiedzieć, który z nich jest związany z czynnościami łatwiejszymi, a który oferuje zadania na granicy możliwości człowieka. Zależy to od sytuacji, zwłaszcza nieoczekiwane pojawiających się awarii. W każdym z tych typów pracy dominuje inny etap czynności związanych z przetwarzaniem informacji oraz inny stopień dramatyczności konsekwencji awarii.

Wyróżnia się następujące rodzaje pracy operatora:

1. Operator - technolog. Główną jego funkcją jest śledzenie, kontrolowanie oraz regulowanie procesów w celu utrzymania ich w granicach określonych przez instrukcje.
2. Operator - dyspozytor. Jego praca to odbiór i przetwarzanie informacji polegające na rozwiązywaniu problemów. Wiąże się to z kierowaniem ruchem w transporcie lotniczym, kolejowym, samochodowym itp.
3. Operator zdalnego telesterowania poruszającymi się obiektami (w wojsku torpedami, pociskami, rakietami itp.).
4. Operator bezpośrednio sterujący ruchem obiektu, na którym sam się znajduje (pilot, maszynista, kapitan statku, motorniczy itp.).

Głównym zadaniem operatorów należących do wyżej wyodrębnionych kategorii jest śledzenie biegu zdarzeń i stanów sterowanych obiektów. Stąd uważa się, że struktura pracy operatorskiej jest podobna, gdyż zawsze występują w niej wymienione wyżej etapy przetwarzania informacji i wykonywania czynności sterowniczych.

Z punktu widzenia struktury psychicznej człowieka analizę jego czynności można ująć biorąc pod uwagę dwie charakterystyki działania (W.F. Wienda 1975):

- charakter obiektu działania,
- sposób wykonywania czynności zmierzającej do wywołania zmiany w obiekcie.

W procesie pracy człowiek ma do czynienia albo z realnymi przedmiotami, które są tworzywem, albo z systemami znaków i sygnałów niosących informację o określonych przedmiotach. Natomiast sama czynność może być praktycznym oddziaływaniem na obiekt będący w bezpośrednim zasięgu zmysłów i rąk lub też mogą to być operacje myślowe dokonywane na tym obiekcie lub na znakach i symbolach niosących o nim informację.

W.F. Wienda (1975) zaproponował następujący podział czynności odpowiednio do wymienionych wyżej sposobów oddziaływania na przedmiot pracy:

- przedmiotowo - praktyczne,
- przedmiotowo - myślowe,
- znakowo - praktyczne,
- znakowo - myślowe.

Do czynności pierwszego rodzaju zalicza się np. przemieszczenie przedmiotu w przestrzeni czy zmianę jego kształtu. Do czynności drugiego rodzaju - operowanie obrazem przedmiotu w myśli. Operowanie takie sprzyja powstawaniu wyobrażeń, a także uruchamia procesy myślowe. Szczególnym przypadkiem takich

czynności jest eksperymentowanie w myśli. Trzeci rodzaj czynności to praktyczne operowanie znakami lub systemami znaków. Przykładem tego rodzaju czynności jest np. pisanie. Czwarty rodzaj czynności to operowanie znakami i systemami znaków w myśli. Do klasycznych operacji tego rodzaju należą operacje logiczne.

To, że każda poprawna czynność jest adekwatna do przedmiotu, środków i warunków pracy jest możliwe dzięki temu, że wszystkie te elementy są odzwierciedlane w świadomości człowieka i odzwierciedlenia te występują w roli regulatora czynności. Informacja o bieżącym stanie przedmiotu czynności i warunkach jej wykonywania występuje w formie subiektywnego obrazu. Jego główną cechą jest operatywność. Termin ten oznacza, że obraz zmienia się stosownie do zmian zachodzących w otoczeniu. Idealne odzwierciedlenie obiektu, który jest przekształcany w procesie czynności, powstaje właśnie w trakcie wykonywania czynności podporządkowanego wszystkim warunkom zadania. Obraz taki nazywa się obrazem operacyjnym. Obraz operacyjny tworzy się w oparciu o obraz celu oraz tzw. model konceptualny czynności. W procesie wykonywania czynności obraz ten ulega dynamicznym zmianom. Formuje się więc stopniowo w procesie odbioru i przetwarzania odbieranych informacji i w związku z tym występuje jako czynnik wpływający na ich bieg i organizację. Słowem, obraz operacyjny to konceptualny model czynności zmieniającej się dynamicznie w miarę osiągania celu.

Ważną rolę w regulacji czynności odgrywa sprzężenie zwrotne, niosące informację o wynikach działania. Sygnały te są włączane w system informacyjny dotyczący obrazu operacyjnego, korygują go i czynią bardziej dokładnym. Operator wykonawszy określoną czynność zmienia stan sterowanego obiektu. Powstający przy tym sygnał nie tylko niesie informację o jego nowym stanie, lecz także jest dla operatora sygnałem o wyniku jego czynności, o tym czy zadanie zostało rozwiązane, czy nie.

Sygnały o bieżącym stanie obiektu oraz informacje zwrotne mogą powstawać zarówno w procesie pracy bezpośrednio z obiektem, jak i wówczas, gdy obiekt nie znajduje się w bezpośredniej bliskości operatora. Te dwa rodzaje informacji (wprost i za pośrednictwem sygnałów sztucznych) mogą wywoływać konflikty poznawcze i powodować, że wyniki czynności będą nieadekwatne do zamierzonych celów, a co za tym idzie - utrudniać ocenę ich wykonywania.

Tak w ogólnych zarysach można scharakteryzować pracę operatora. Obecnie przejdziemy do rozważania problemu psychicznej regulacji czynności operatorskich. Problem ten, jak już wspomniano, nie jest łatwy i bliski rozwiązania, a równocześnie ma podstawowe znaczenie zarówno dla teorii psychicznej regulacji działania człowieka w ogóle, jak i dla praktyki - doskonalenie warunków pracy i doskonalenie zawodowe.

## 5.2. Psychiczna regulacja czynności typu operatorskiego

Do zrozumienia, na czym polega psychiczna regulacja czynności nie wystarczy wiedza o przebiegu izolowanych procesów i zjawisk psychicznych (np. odbiór wrażeń, spostrzeganie, zapamiętywanie, myślenie, uwaga), choć wiedza taka jest warunkiem koniecznym zrozumienia tego problemu. Wiedza ta musi zostać w jakiś sposób zorganizowana i uporządkowana. Kryterium tego zorganizowania, wybrania z niej tych elementów, które mają związek z regulacją czynności (w tym przypadku czynności operatora), jest podstawowe pojęcie w regulacyjnej koncepcji czynności operatorskich, a mianowicie *obraz celu* działania (modelu konceptualnego celu działania). Regulatorem czynności jest właśnie obraz celu. Drugim ważnym założeniem w analizie psychicznej regulacji czynności operatora jest założenie

nie, że istnieją różne poziomy tej regulacji, które są zarazem różnymi poziomami odzwierciedlenia obiektu i warunków jego funkcjonowania w otoczeniu.

### 5.2.1. Obraz celu jako regulator wykonywanych czynności

Model (obraz) obiektu zawiera wszystkie informacje dotyczące obiektu sterowania, zgromadzone przez operatora do momentu sformułowania zadania. W procesie rozwiązywania zadania część informacji podlega aktualizacji i wraz z nowo napływającymi informacjami tworzy tzw. operacyjno - psychiczny model obiektu. Pozostałe informacje, które posiada operator na temat obiektu, tworzą tzw. latentną część informacji, latentną część owego modelu obiektu. Pomyślne rozwiązanie zadania zależy od adekwatności modelu operacyjnego do realnego stanu obiektu w procesie realizowania czynności (W.F. Wienda 1975).

Wienda uważa, że pojęcie „model psychiczny” jest potrzebne do oznaczenia syntezy śladów składających się na odzwierciedlenie obiektu, które służy operatorowi do wykonywania zadań operatorskich. Model ten jest ontogenetycznym i stochastycznym uogólnieniem odzwierciedlenia obiektu, korygowanym w procesie rzeczywistego wykonywania związanych z nim czynności. Model psychiczny obiektu i model operacyjno - informacyjny tworzą razem model psychiczno - operacyjny, będący psychicznym odzwierciedleniem konkretnego stanu obiektu, powstałym w celu rozwiązania ściśle określonego zadania.

Model psychiczno - operacyjny, według Wiendy, charakteryzuje się następującymi cechami:

1. odzwierciedlenie obiektu nie jest całkowite; obiekt nie jest odzwierciedlony we wszystkich najdrobniejszych szczegółach;
2. istnieje wiarygodne powiązanie między modelem informacyjnym a modelem operacyjnym obiektu;
3. odzwierciedlenie obiektu ma charakter systemowy, tj. są w nim zawarte nie tylko elementy obiektu, lecz także relacje między elementami;
4. model ma charakter stochastyczny;
5. odzwierciedlenie ma wielopoziomowy charakter; niejednorodność wyrazistości odzwierciedlenia poszczególnych elementów obiektu, różne znaczenie elementów dla rozwiązania zadania i wykonania czynności;
6. formy psychicznego odzwierciedlenia obiektu są adekwatne do zmieniających się konkretnych zadań.

Chociaż podkreśla się centralną rolę, jaką odgrywa obraz celu (często bywa nim obraz sterowanego obiektu), brak dokładnej wiedzy dotyczącej sposobu jego formowania się. Przypuszcza się, że zachodzą tu procesy antycypacji, ekstrapolacji, nastawienia, tworzenia obrazu pożądanego przyszłości itp. Najlepsze wydaje się wprowadzone przez P.K. Anochina (1968) pojęcie wyprzedzającego odzwierciedlenia. Obraz celu umożliwia wstępną selekcję informacji o stanach obiektu sterowania, a także integrację tych informacji z już posiadanymi.

Cel działania także steruje procesem dekodowania informacji, jej oceną, formułowaniem hipotez oraz podejmowaniem decyzji. Rola celu w organizowaniu wszystkich procesów informacyjnych jest szczególnie widoczna wówczas, gdy pojawia się nieoczekiwany sygnał awarii lub innego zdarzenia stanowiącego zagrożenie i wywołującego stres. Stan stresu może, mówiąc językiem potocznym, „wybić” ów cel ze świadomości operatora, przesunąć go na peryferie świadomości, dlatego właśnie pojawiają się działania chaotyczne, niezrozumiałe dla postronnego obserwatora, niespójne lub też następuje zaniechanie wszelkiej działalności. W procesie wykonywania konkretnych czynności przez operatora cel działania jak gdyby

dzieli się na szereg części, celów podrzędnych, szczegółowych, cząstkowych. Jak w szczegółach wygląda ów proces „rozszczepiania się” celu, niewiele wiadomo. Być może w zależności od rodzaju działania nabiera on struktury liniowej lub rozgałęzionej, może istnieją jeszcze inne struktury mieszane (lub/i ogólne) niemożliwe w tej chwili do przewidzenia. Równoległe z procesem „rozszczepiania” się celu głównego działania w umyśle operatora powinien tkwić obraz celu nie podzielonego na części. Może to mieć znaczenie w planowaniu kolejności wykonywania czynności cząstkowych. Jak wiemy, wykonywanie dwu czynności lub posiadanie dwu sterujących obrazów o takim samym stopniu wyrazistości jest zadaniem bardzo trudnym, o czym była mowa w rozdziale 2 przy okazji omawiania hipotezy jednokanałowego przewodnictwa.

Niezupełnie jest też jasne, jaką konkretną postać przybiera obraz celu, tzn. jak dalece zawiera on elementy obrazowe, a jak dalece sam stanowi funkcję złożonych procesów intelektualnych i ich wynik. Prowadzone są obecnie próby eksperymentalnego wykazania, że obraz celu nie jest tożsamy z obrazem jakiegoś obiektu, z jego cechami zmysłowymi, lecz jest swego rodzaju „punktem oparcia” umysłu w wyniku przetworzenia skomplikowanej nieraz informacji i sprawdzenia hipotez o stanach rzeczywistości, czasem na poziomie bardzo abstrakcyjnym.

Niezależnie od badań nad regulacyjną rolę obrazu celu działania oraz jego formowaniem się i deformacją w procesie wykonywania pracy istnieje nurt badań nad regulacją czynności podejmowania decyzji; przedmiotem tych badań są wszelkie czynności, nie tylko operatorskie. Nie jest wykluczone, że te ostatnie są nawet ignorowane przez przedstawicieli tego kierunku, ze względu na to, że decyzje podejmowane przez ekonomistów, lekarzy, pracowników wymiaru sprawiedliwości, polityków, menedżerów czy naukowców mają bardziej ogólny zasięg społeczny i wynikami takich badań są zainteresowane liczniejsze grupy praktyków.

Zakłada się, że czynności wykonywane przez człowieka są sterowane za pomocą mniej lub bardziej precyzyjnych i trafnych decyzji. Mechanizm czynności to odpowiednia decyzja. Istnieją jednak różne założenia dotyczące decyzji jako psychicznych mechanizmów regulacji czynności. Jednym z nich jest założenie przejęte od ekonomistów, że człowiek jest w zasadzie istotą racjonalną i w większości wypadków działającą w sytuacjach ryzyka. Ponieważ w ekonomii zakłada się dążenie do osiągnięcia zysku i korzyści zgodnie z ową zasadą racjonalności, to człowieka przyrównuje się do istoty działającej wedle reguł i funkcji opisujących takie właśnie racjonalne działania. Nowa generacja ekonomistów zanegowała jednak słuszność niektórych założeń twierdząc, że ludzie w sytuacjach ryzyka nie podejmują decyzji zgodnie z zasadą racjonalności i drogą do zrozumienia oraz przewidywania zachowań ludzkich jest opis tego, jak ludzie w rzeczywistości podejmują decyzje w różnych sytuacjach.

W. Edwards (1954) podjął próbę zastosowania „logiki” modelu ekonomicznego tłumacząc stosowane w tym modelu terminy na język psychologii. Termin „prawdopodobieństwo” został użyty w sensie subiektywnego prawdopodobieństwa lub niepewności, a termin „zysk” - jako użyteczność wyniku.

Inną propozycją W. Edwardsa jest zastosowanie modelu porównywania danych apriorycznych z danymi aposteriorycznymi, tj. zestawienie sądów dotyczących niepewności (*uncertainty judgement*) z danymi empirycznymi (*diagnostic evidence*). Zarówno sąd wcześniejszy jak i dowód empiryczny są pojęciami całkowicie subiektywnymi. Celem badań jest stwierdzenie, jak nie wspomagany ludzki umysł formułuje sądy, jak odchylają się one od optimum oczekiwanego w określonych warunkach oraz co można zrobić, aby odchylenie to nie było zbyt duże.

Prowadzi się również badania mające na celu uchwycenie sposobów formułowania sądów w procesie podejmowania realnych decyzji przy użyciu jako podstawowego narzędzia modeli regresji liniowej. Ten nurt badań zapoczątkowany został w końcu lat sześćdziesiątych, lecz były one cytowane również w latach późniejszych (K.R. Hammond 1966, R.M. Daves 1971).

Te trzy kierunki badań łączy normatywne podejście do oceny ludzkich czynności decyzyjnych. Wszystkie trzy mogą być traktowane jako nieprecyzyjne za-

stosowanie zasad formalnych: celem badań jest śledzenie, jak i dlaczego realne czynności decyzyjne różnią się od zasad formalnych (badanie przyczyn błędów psychiki ludzkiej).

W latach siedemdziesiątych nastąpił zwrot w badaniach nad podejmowaniem decyzji w kierunku modelu opisowego. Starano się odpowiedzieć na pytania dotyczące względnej trafności (*validity*) standardów intuicyjnych w porównaniu ze standardami optymalnymi. Te nowe drogi zostały wytyczone przez A. Tversky'ego i D. Kahnemana (A. Tversky, D. Kahneman 1981, H.J. Einhorn, R.M. Hogarth 1978, P. Slovic 1981).

Udało się wykazać, że intuicyjne podejmowanie decyzji oparte jest raczej na heurystykach niż na ostrożnie formułowanych strategiach rozumowania. Wykazano także, że zasady *of-thumb* mogą prowadzić do decyzji i wyborów, które w istotny sposób różnią się od najbardziej rygorystycznie formułowanych fundamentalnych aksjomatów statystycznego i logicznego rozumowania. Na przykład ludzie mają tendencję do określania prawdopodobieństwa zdarzenia na podstawie tego, jak szybko określone zdarzenie, które miało miejsce w przeszłości, może być wydobyte z pamięci lub jak często to, co się zdarza jest podobne do zdarzeń występujących w określonej populacji (*to some potential defining population*), a nie, jak jest to zgodne z regułami istotności statystycznej (np. względna częstość zdarzeń w przeszłości lub wielkość populacji). Wyniki badań uzyskane przez przedstawicieli tego kierunku pozwoliły wysnuć następujące wnioski:

1. W umyśle człowieka istnieje specjalny mechanizm typu nastawienie (*bias*) w poważnym stopniu wpływający na poczucie niepewności.
2. Modele normatywne nie są użyteczne w badaniach mechanizmu decyzyjnego.
3. Główna linia badań powinna opierać się na modelu opisowym.

W tym kierunku poszły badania w końcu lat siedemdziesiątych i w latach osiemdziesiątych (P. Slovic, B. Fischhoff, S. Lichtenstein 1977, 1982). Pojawiło się kilka obiecujących tendencji. Każda z ambicjami integracji wiedzy na temat podejmowania decyzji oraz wytyczenia dróg dalszego jej rozwoju:

- integracja wiedzy przez analizę zadań,
- rozwój całościowej teorii procesów decyzyjnych,
- powiązanie wiedzy o decyzjach z innymi teoriami psychologicznymi.

Pierwsza tendencja opiera się na tezie, że sądy człowieka dotyczące niepewności są w istotny sposób formowane przez treść zadań i problemów, które ludzie mają do rozwiązania (H.J. Einhorn, R.M. Hogarth 1981, W.C. Howell, S.P. Kerkar 1981, A. Tversky, D. Kahneman 1981). Na przykład ludzie są bardziej dokładni, jeśli chodzi o estymację częstości zdarzeń, które miały miejsce w przeszłości, niż zdarzeń, które mają nastąpić w przyszłości, chociaż oceny oparte są na tych samych obiektywnych danych (W.C. Howell i S.P. Kerkar 1981).

Wobec tego powstaje dylemat: albo sporządzimy katalog zadań i dla każdego z nich ustalimy owe korelaty decyzyjne (sądy dotyczące prawdopodobieństwa zajścia określonych zdarzeń), albo pozostaniemy bezradni w kwestii przewidywania sądów człowieka. Gdyby udało się dokonać klasyfikacji zadań i sporządzić rejestr odpowiadających im korelatów zachowania się człowieka oraz podejmowanych decyzji, udałooby się także rozwiązać wiele praktycznych zagadnień związanych z podejmowaniem decyzji. Na przykład moglibyśmy tak strukturyzować zadania, aby zachęcać ludzi do bardziej dokładnej percepcji nieokreśloności.

Jeśli chodzi o drugą tendencję, to warto wymienić tzw. perspektywną teorię D. Kahnemana i A. Tversky'ego (1973) oraz teorię kontinuum poznawczego K.R. Hammonda (1966). Pierwsza jest w pewnym sensie podobna do modelu podejmowania decyzji w ekonomii (teoria *expected utility maximization*), z tym że model

ten uwzględnia wszystkie odchylenia od modelu normatywnego stworzonego na podstawie badań opisowych. Na przykład włączono doń termin „niepewność”, który dobrze odzwierciedla tendencję człowieka do przeceniania prawdopodobieństwa i ignorowania zasad normatywnych, głoszących, że prawdopodobieństwa komplementarne muszą się sumować do 1. Teoria Hammonda jest bardziej ambitna. Wykorzystuje taksonomię zadań oraz wgląd w dane uzyskane w badaniach opisowych. Podstawową tezę jest, że sąd odzwierciedla proces poznawczy, charakteryzujący się dwiema skrajnymi cechami: intuicją i ściśle analitycznym sposobem myślenia. Sąd ten tworzony jest więc na zasadzie *rule of thumb* oraz na zasadzie heurystyki, polegającej częściowo na integrowaniu „kawałków” informacji za pomocą ważenia uśredniającego (N.H. Anderson 1974). Teza ta odnosi się zarówno do nieświadomego i niewerbalnego poziomu jak i do poziomu świadomego, opartego na strategiach rozumowania (regułach logicznych i statystycznych). Wybór sposobu sformułowania sądu zależy od sposobu, w jaki prezentuje się człowiekowi zadania. Są zadania, które wymagają wielu informacji, wskazówek i ich przetworzenia w bardzo krótkim czasie. Jeśli jednak te niezbędne informacje nie napłyną i nie ma informacji zwrotnej o wstępnych wynikach podjętego działania, człowiek zastosuje prawdopodobnie heurystykę i decyzja „odchyli się” od modelu normatywnego. Jeśli jednak człowiek będzie dysponował wszystkimi niezbędnymi informacjami i będzie miał również dostęp do informacji o wynikach własnego działania w toku pracy, to wybierze najprawdopodobniej strategię ściśle racjonalną, zgodną z modelem normatywnym. K.R. Hammond (1966) pokazał, jaki wpływ na podejmowanie decyzji mają zadania i charakterystyki poznawcze, pozwalające przewidywać, jaki rodzaj strategii zostanie podjęty przez człowieka.

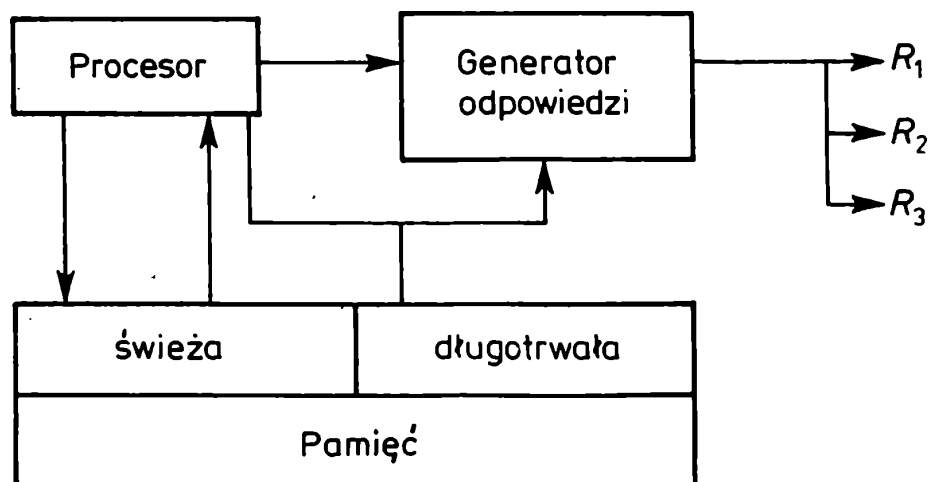
W trzeciej tendencji pojawia się chęć włączenia badań nad decyzjami do nurtu podstawowych badań psychologicznych: nad uwagą, percepcją, uczeniem się, pamięcią i wieloma innymi procesami. Jak pisze W.C. Howell (1981) wrażenie prawdopodobieństwa nie spłynęło na człowieka z głowy Zeusa. Jest ono jakby zakorzenione głęboko w psychice ludzkiej. Trzeba więc powrócić do fundamentalnych terminów wyjaśniających mechanizmy przetwarzania informacji, wprowadzone przez W.K. Estes (1980) i innych psychologów oraz fizjologów mózgu.

Jednym z przykładów takiego podejścia jest praca H.J. Einhorna i R.M. Hogartha (1975) na temat warunków, w których sprzężenie zwrotne jest w stanie wpływać na dokładność sądów. Wykazali oni, że warunki wydawania sądów, które są aranżowane w sposób typowy (możliwy wybór lub brak wyboru), dają człowiekowi małą możliwość korzystania z własnego doświadczenia. Ludzie najczęściej działają opierając się na wypracowanych tzw. teoriach osobistych, które uważają za prawdziwe. Pozytywne wyniki stosowania teorii osobistych dają jednak niewiele dodatkowej informacji. Teorię można sprawdzić przez działanie sprzeczne z nią. Problem ten występuje przy podejmowaniu decyzji medycznych. Aby ocenić, jakie szanse skuteczności ma dany sposób leczenia, niektórzy ludzie muszą być nieleczeni. Im silniej lekarz wierzy w skuteczność swojego działania, tym trudniej przeprowadzić konieczne czasem badania medyczne.

Przeprowadzono wiele badań zmierzających do wyjaśnienia, jakie procesy poznawcze powodują tworzenie się w mózgu wrażenia częstości (J.W. Whitlof, W.K. Estes 1979, W.C. Howell 1981). Oczywiście jest, że to co pojawia się częściej, powinno być odczuwane jako bardziej pewne, jeśli chodzi o przyszłość. Jednakże okazuje się, że proces ten nie jest tak prosty. Ludzie zdają się polegać na własnych zapisach częstości zdarzeń jako funkcji wielu innych czynników. Jeśli np. spostrzegają siebie jako mających kontrolę nad sytuacją, mają także tendencję do wykazywania znaczniejszego poczucia pewności, niż wskazują na to dane rzeczywiste<sup>24</sup>.

<sup>24</sup> Obszerne rozważania oraz wyniki badań nad poszczególnymi modelami decyzyjnymi podaje T. Tyszka (1986). Autor ten także nie dostrzega „...rozstrzygających argumentów w kontrowersji między klarownym, ale niezbyt restryktywnym pojęciem racjonalności w teorii normatywnej a bardziej realistycznymi, ale za to wcale nie jednoznacznymi ujęciami racjonalności w podejściu deskryptywnym” (s. 244). Interesujące są także rozważania na podobny temat D.E. Broadbenta (1984).

Pod adresem badaczy zajmujących się probabilistycznym przetwarzaniem informacji (oceną częstości zdarzeń) wysuwane są czasem zastrzeżenia, że szacowanie prawdopodobieństwa przez tzw. naiwne osoby nie daje wglądu w sam



Rys. 5.1. Uproszczony schemat procesu przetwarzania informacji

Źródło: G.P. Pitz 1970

proces przetwarzania, lecz tylko w jego rezultaty (G.P. Pitz 1970, W.C. Howell 1981). Proponują oni stosowanie modelu deskryptywnego według formuły Bayesa. Należałoby jednak zastanowić się, jakie inne jeszcze sposoby przetwarzania informacji, oprócz probabilistycznego, są stosowane przez człowieka. Rys. 5.1 przedstawia hipotetyczny proces przetwarzania informacji, według G.P. Pitz (1970).

Model G.P. Pitz (za M.I. Poznerem 1967) składa się z elementów, które u większości ludzi muszą być uwikłane w proces przetwarzania informacji, oczywiście w rzeczywistości mogą występować również inne, dodatkowe elementy. W schemacie tym występują dwa bloki: blok przetwarzania informacji (procesor) oraz blok generujący wskazówki działania (generator odpowiedzi). Jest to banalny podział, wielokrotnie cytowany przez psychologów. W tym miejscu chodzi jednak o podkreślenie, że reakcja nigdy nie jest bezpośrednią konsekwencją procesu przetwarzania informacji; wpływa na nią również „urządzenie generujące” odpowiedzi. Generator ten jest wrażliwy na różnego rodzaju przeświadczenia, nastawienia, doświadczenia itp., tzn. wykorzystuje dane przechowywane w pamięci długotrwałej. Znajdować się w niej mogą nie tylko statyczne ślady, lecz także oczekiwania, wartości, nawyki i strategie. Różne odpowiedzi pojawiające się na wyjściu układu, jakim jest człowiek, w różny sposób mogą odzwierciedlać zarówno wynik procesu przetwarzania informacji w procesorze jak i znajdujące się w generatorze oraz w pamięci długotrwałej odpowiedzi. G.P. Pitz (za M.I. Poznerem 1967) szczególną rolę w tym modelu przypisuje pamięci świeżej. Jej rola polega na tym, iż jest to aktywny magazyn (*working storage*) używany w procesie przetwarzania informacji przez urządzenie zwane procesorem.

Powstaje pytanie, w jaki sposób tzw. naiwny obserwator przetwarza informację, gdy wynik tego przetwarzania nie jest przesądzony w sposób deterministyczny. Naiwny obserwator nie jest w stanie szacować prawdopodobieństw poszczególnych przesłanek decyzji, tzn. przypisywać liczb własnym przekonaniom. Można jednak założyć, że w jego pamięci długotrwałej znajduje się pewna liczba oczekiwań - przekonań i strategii nawykowych - które z punktu widzenia eksperymentatora są nieistotne przy rozwiązywaniu zadania, natomiast są istotne dla osoby rozwiązującej zadanie; osoba ta, nie mając innych źródeł informacji, będzie się posługiwała tymi właśnie doświadczeniami. Taką ułatwiającą regułą jest np. mnożenie

przez 5 lub 10; tendencja do reagowania będzie trudna, gdy prawdopodobieństwo będzie wynosiło około 0 lub około 100%. Odpowiedzi werbalne mogą częściowo zmniejszyć te trudności, ale i w tym przypadku może zaznaczyć się wpływ uprzednich doświadczeń, nastawień *etc.* Jak wiadomo, głównym modelem badań eksperymentalnych dotyczących procesów przetwarzania informacji jest model rozwiązywania zadań związanych z oceną prawdopodobieństwa, oparty na założeniu, że nieobserwowalne procesy można badać jedynie na podstawie wiedzy o obserwowalnych zachowaniach. Model ten ma jednak wiele słabych stron i raczej jest źródłem pytań dla badaczy niż ogólnie akceptowanych odpowiedzi. Dlatego też proponuje się, aby badana osoba wybierała z zestawu podanych odpowiedzi tę, która jej zdaniem jest najbardziej prawidłowa. Nie zawsze będzie to możliwe, ale dla niewprawnej osoby będzie jednak łatwiejsze, niż szacowanie prawdopodobieństwa pojawiania się zdarzeń.

Warto podkreślić, że ani badania nad procesem formowania się obrazu celu działania, ani też badania nad mechanizmem formowania się decyzji na podstawie dwu zasadniczych schematów przetwarzania informacji: deterministycznego i probabilistycznego, nie przyniosły twierdzeń rozstrzygających kwestię mechanizmów regulacji działania. W obu kierunkach badań można jednak zauważyć wspólny rys, a mianowicie podkreślanie konieczności *przewidywania* w każdym działaniu. Gdy mowa o antycypacji przyszłych stanów obiektu i o ocenie prawdopodobieństwa lub siły przekonania przy wypowiedaniu sądów o stanach rzeczy, to w obu przypadkach mówi się o tym, że owo szacowanie prawdopodobieństwa odbywa się na podstawie doświadczenia, *śladów* przechowywanych zarówno w pamięci długotrwałej jak i w pamięci świeżej (którą psychologowie inżynierijni nazywają pamięcią operacyjną).

Spróbujmy jednak spojrzeć na problem regulacji zachowania się człowieka z bardziej ogólnej perspektywy. Nie traktujmy go tylko jak operatora, czy osobę badaną, która na życzenie eksperymentatora dokonuje szacowania prawdopodobieństwa zdarzeń. Człowiek jako układ względnie wyodrębniony może istnieć i rozwijać się dzięki regulacji swoich stosunków z otoczeniem. Istota tej regulacji polega nie tylko na wzajemnym oddziaływaniu człowieka i jego otoczenia, lecz także, a może przede wszystkim, na przekształcaniu tego otoczenia (T. Tomaszewski 1984).

Aktywne oddziaływanie wymaga od człowieka umiejętności przygotowania się do działania. W skład tego przygotowania wchodzi wyprzedzające odzwierciedlenie przyszłych zdarzeń, które będą przebiegały zarówno w otaczającym człowieka środowisku jak i w samym człowieku. Potrzebny jest więc nie tylko obraz aktualnie przebiegających zdarzeń, lecz także obraz pewnego wycinka pożądanej przez człowieka przyszłości oraz obraz sposobu jej osiągania. Ten sposób wymaga wytworzenia obrazu końcowego wyniku działania oraz drogi doń prowadzącej. Obraz drogi to program działania. Przewidywanie jest niezbędne do skonkretyzowania zarówno obrazu wyniku działania (obrazu celu) jak i obrazu prowadzącej do niego drogi. Jest to etap przygotowawczy, po którym następuje etap wykonawczy: po działaniu w myśli następuje działanie w rzeczywistości. Tu wylania się potrzeba kontroli, polegającej na porównywaniu aktualnie przebiegających zdarzeń - zależnych i niezależnych od podmiotu działania - z tymi, które zostały założone w programie. Jest to kontrola realizacji programu, tzn. kontrola tych wszystkich procesów przebiegających w podmiocie i jego środowisku, które są związane z realizacją programu. Ponieważ działanie nie jest możliwe bez programu lub bez kontroli jego wykonania, zakłada się istnienie w korze mózgowej mechanizmu specjalnych układów funkcjonalnych, które są odpowiedzialne za przygotowanie do działania. Owo działanie jest odzwierciedlone właśnie w programie mózgowym. Wśród procesów regulacyjnych możemy wyróżnić procesy inicjujące, podtrzymujące działania oraz realizujące je. Wszystkie muszą być uprzednio przygotowane. Jak z tego wynika, istotą tworzenia programów jest przewidywanie. Psychologia dysponuje wystarczająco dużą wiedzą dotyczącą tego, co w regulacji zachowania się człowieka jest niezbędne. Chodzi mianowicie o wyjaśnienie natury przewidywania. Jest to pyta-



nie o to, jak to się dzieje, że w zachowaniu człowieka pojawia się reakcja, która jest zgodna z założonym programem, a nie jest wynikiem aktualnego zadziałania bodźca; działanie nie według zasady S-R (bodziec-reakcja), lecz według zasady O-R (osobowość-reakcja).

Przewidywanie można więc rozpatrywać jako jeden z mechanizmów regulacji działania w momencie, gdy został on już ukształtowany oraz obserwować jego powstawanie w toku indywidualnego życia jednostki.

Tak więc mamy tu dwa zagadnienia. W pierwszym zwraca się uwagę na rolę przewidywania w działaniu, w drugim zaś - na rolę działania w tworzeniu się mechanizmu przewidywania. Człowiek działając odzwierciedla swoje środowisko i gromadzi doświadczenie; pojawia się tu jednak pytanie, jakiego rodzaju odzwierciedlenie jest związane z tworzeniem się mechanizmu przewidywania.

Wielu autorów, m. in. P.K. Anochin (1968), P. Fraisse (1961), W.S. Hunter (1913), I.O. Hebb (1969). T. Tomaszewski (1967), podkreśla, że owo odzwierciedlenie polega na zdolności człowieka do spostrzegania struktury czasowej przebiegu zdarzeń, od której zależy wielkość perspektywy czasowej, w której człowiek projektuje swoje działanie (długość przedziału czasowego oddzielającego jedną grupę zdarzeń od innej).

W celu udowodnienia tezy głoszącej konieczność istnienia mechanizmu przewidywania można przytoczyć następujące rozumowanie oparte na ogólnie znanych w psychologii faktach:

1. Gdyby nie było przewidywania, reakcje człowieka zawsze byłyby skutkiem aktualnie działających bodźców, innymi słowy, zachowanie się człowieka miałyby zawsze charakter reaktywny, według zasady bodziec-reakcja, a przecież wiemy, że większość zachowań człowieka nie przebiega według tej zasady..
2. Gdyby nie było przewidywania, nie mogłyby wystąpić reakcje odroczone, a wiemy, że zjawisko odroczenia zostało dobrze zbadane przez fizjologów (W.S. Hunter 1913, J. Konorski 1969).
3. Nie można byłoby obserwować wpływu, jaki wywiera nastawienie na reakcję, nie można byłoby eksperymentalnie wytwarzać nastawień, a dobrze wiemy, że jest to możliwe (J. Kries 1895 - według R.S. Woodworth, H. Schlosberg 1963 - A.S. Prangiszwili 1969 i inni).
4. Zachowanie się człowieka nie miałyby charakteru ukierunkowanego, gdyby człowiek nie miał zdolności do utrzymywania w umyśle przyszłego celu działania, a wiemy, że większość zachowań ma charakter ukierunkowany.

W teorii czynności T. Tomaszewskiego wśród trzech podstawowych problemów, związanych z wyjaśnieniem mechanizmów regulacyjnych zachowania się, jednym z najważniejszych jest problem mechanizmu sterującego, innymi słowy, ważna jest odpowiedź na pytanie: „Jak to się dzieje, że zwierzę czy człowiek potrafi osiągnąć końcowy wynik, do którego dąży z tych czy innych powodów? To znaczy, jakie są owe czynne procesy centralne, które pozwalają utrzymać zasadniczy kierunek i równocześnie postępować z dostateczną plastycznością, dostosowaną do konkretnych warunków, wykorzystywać sygnały, które mają znaczenie dla osiągnięcia wyniku, a uniezależnić się od bodźców przypadkowych i nie znaczących”<sup>25</sup>.

Oczywiste jest, że sterowanie nie mogłoby się odbywać, gdyby owe czynne procesy centralne przebiegały jedynie ze względu na to, co się dzieje aktualnie. W samym pojęciu sterowania zawarta jest idea konieczności przewidywania.

Jeśli chodzi o drugi aspekt problemu przewidywania, to znaczy sposób, w jaki ów mechanizm się tworzy, niezbędne jest odwołanie się do specyficznego doświadczenia zdobywanego przez człowieka w procesie odzwierciedlania czasowych charakterystyk zdarzeń. To zagadnienie jest zbadane od strony fizjologicznej; znane

<sup>25</sup> T. Tomaszewski 1967, s. 193.

są więc neurofizjologiczne podstawy przewidywania (I.P. Pawłow 1952, P.K. Anochin 1961, 1968, K.M. Pribram 1961, N.A. Bernsztajn 1966 i inni). Wyniki tych badań, chociaż ważne i interesujące, nie mają jednak bezpośredniego związku z zagadnieniem psychicznej regulacji działania człowieka, dlatego nie będą tu omawiane.

### 5.2.2. Psychiczna regulacja ruchów

Psychiczna regulacja ruchów jest związana z regulacją czynności w ogóle, ale nie jest z nią tożsama. Obok obrazu celu i obrazu prowadzącej doń drogi, czyli czynności, istnieje oddzielny złożony mechanizm regulacji ruchów. W tym przypadku, podobnie jak przy regulacji czynności, również wyróżnia się obraz celu ruchu, dzięki któremu mózg tworzy program ruchu, zgodnie z którym następuje jego wykonanie. Czynność i jej regulacja jest więc w pewnym sensie strukturą nadrzędną w stosunku do struktury regulacyjnej ruchu, częściowo zaś ta ostatnia rządzi się niejako własnymi prawami. Ten sam ruch może być bowiem związany z różnymi strukturami czynności, a dla zrealizowania tej samej czynności może mieć różne znaczenie. Aby zrozumieć i wyjaśnić te złożone powiązania - a trzeba pamiętać, że i tu wiedza ma charakter hipotetyczny, choć w mniejszym stopniu, niż to ma miejsce w odniesieniu do regulacji czynności jako struktur nadrzędnych - trzeba dostrzec tę dwoistą naturę ruchów człowieka, zwłaszcza ruchów ręki. Z jednej strony, ruchy człowieka są wskaźnikiem efektywności ukierunkowanej na osiągnięcie wyniku; aktywność ta jest bardziej skomplikowana niż sam ruch. Jednocześnie sam ruch w stopniu jakby silniejszym, a na pewno zawsze obserwowalnym, jest także ukierunkowany na cel, lecz celem ruchu jest osiągnięcie jakiegoś miejsca w przestrzeni za pomocą odpowiednich narządów ruchu lub ciała człowieka.

Jeśli więc powrócimy teraz do koncepcji trzech poziomów odzwierciedlenia psychicznego (poziom konkretny - sensoryczny, poziom wyobrażeń oraz poziom przewidywania), to okaże się, że każdy z nich odnosi się także do regulacji ruchów człowieka. Ruchy robocze oraz czynności, jako nadrzędne ich struktury, muszą opierać się na uprzednio wytworzonych obrazach i programach. Ruchy są jakby „cegiełkami” realizacji czynności, lecz „cegiełki” te muszą być także przez mózg zaprogramowane, a ich włączenie do struktury działania oraz sam przebieg muszą być pod kontrolą centralnego układu nerwowego.

Obraz celu działania, jako że charakteryzuje się całościową strukturą, pozwala kształtować różne drogi ruchów przy wykonywaniu tej samej czynności, a także dowolnie wybierać tempo i rytm pracy.

Z kolei wyobrażenia, dzięki większej ogólności, zapewniają możliwość gromadzenia doświadczeń zdobytych w procesie spostrzegania i przenoszenia ich z jednych sytuacji na inne. Dzięki tym wyobrażeniom kształtują się, na zasadzie sprzężeń prostych i zwrotnych, wyobrażenia ruchów umożliwiające tzw. akty ideo - motoryczne.

Trzeci poziom regulacji czynności jest dla zachowania się człowieka najbardziej charakterystyczny. Ma podstawowe znaczenie dla pracy człowieka. Jest to, jak już mówiono w poprzednim rozdziale, planowanie czynności i odpowiednio planowanie ruchów.

Proces tworzenia cząstkowych ruchów i tworzenia w ten sposób złożonej struktury czynności nie jest zbyt dobrze wyjaśniony. Jeden ruch może być wykonany zbyt wolno lub zbyt szybko, może przeszkadzać przy wykonywaniu innych ruchów i zaburzać całą strukturę czynności. Tworzeniu się całościowych, harmonijnie zbudowanych struktur czynności towarzyszy zmniejszanie się napięcia mięśniowego.

Tak np. w początkowym etapie uczenia się czynności ruchowych kandydaci na pilotów pracują nieomal całym ciałem i wykonują dużo zbędnych ruchów. Oczywiście, są one zbędne z punktu widzenia optymalnej struktury czynności, lecz bardzo pożądane z punktu widzenia scalania owych ruchów w harmonijną całość.

Doświadczony pilot przy wykonywaniu tych samych czynności używa tylko wybranych grup mięśni, niezbędnych i jednocześnie wystarczających do wykonania danej czynności.

W analizie ruchów przyjęty jest następujący podział ich funkcji wobec czynności:

1. Ruchy wykonawcze, od których zależy realne oddziaływanie na obiekt - przedmiot pracy. Zmieniają one to, co znajduje się w otoczeniu człowieka (bliższym lub dalszym). Są one głównym przedmiotem analizy psychologii pracy. Analiza ta staje się podstawą usprawniania pracy, usuwania niepożądanych przerw, określania prawidłowych czynności pod względem siły, kierunku, szybkości i dokładności działania.
2. Ruchy gnostyczne (poznawcze). Ich funkcją jest poznanie przedmiotu i warunków pracy. Są one możliwe dzięki temu, że w dłoni ludzkiej oprócz aparatu mięśniowego i kostnego (ruchowego) istnieje również aparat czuciowy, w postaci kinestezji.
3. Ruchy *przygotowawcze*. Rola tych ruchów polega na ustawianiu się ręki lub ciała w odpowiedniej pozycji roboczej, umożliwiającej rozpoczęcie czynności oraz korektę w razie nieudanych prób osiągnięcia celu.

Opanowanie przez człowieka struktury ruchów roboczych prowadzących do osiągnięcia celu, tj. do zrealizowania określonych czynności, wywołuje zwrotny wpływ na procesy poznawcze w toku pracy. Człowiek z olbrzymiej liczby bodźców i sygnałów „bombardujących” jego analizatory odbiera tylko te, które mają znaczenie dla tej czynności. Podobnie myślenie ukierunkowane jest na czynność i okoliczności jej towarzyszące, a nie na inne sprawy.

Mechanizm nabierania przez człowieka wprawy ruchowej przy wykonywaniu określonych zadań oraz mechanizm jej niwelowania jest dobrym modelem powiązań między regulatorem ruchów a pozostałymi regulatorami aktywności ludzkiej.

W pierwszej fazie uczenia się każdy ruch jest starannie kontrolowany za pomocą mowy i myślenia (np. powtarzanie głośno tego, co się za chwilę będzie robiło lub nazywanie własnych ruchów w czasie ich wykonywania). Stopniowo funkcje kontroli przygotowania aktu ruchowego są przekazywane narządom zmysłów. Regulacja sensoryczna ruchu jest bardziej sprawna i w następstwie takiego przygotowania ruch odbywa się szybciej. Z tego względu o wiele łatwiej tworzyć zupełnie nowe nawyki, albo nowych nawyków uczyć nowych ludzi, niż wymagać przekwalifikowania się, tj. jednocześnie niszczenia dawnych struktur ruchowych i budowania nowych u tego samego człowieka.

W procesie uczenia się doskonalą się ruch, a zarazem doskonalą się proces regulacji ruchu. Każdy nowy ruch jest już innym ruchem. Jest to powtórzenie bez powtórzenia, choć może się wydawać, że automatyzm ruchów zapewnia identyczność ich struktury i regulacji.

Czynności ruchowe operatora zazwyczaj nazywa się czynnościami przekazywania informacji ogniowom maszynowym Układu za pośrednictwem rozmaitych urządzeń sterowniczych. Nie jest to zupełnie ściśle, gdyż w pewnych przypadkach i przy pewnych rodzajach pracy operatora (np. gdy steruje on obiektem, na którym sam się znajduje) oddziaływanie na stery jest zarazem oddziaływaniem na obiekt, a informację zwrotną o wyniku operator otrzymuje dzięki bezpośredniemu spostrzeganiu zmian położenia obiektu. Pośredniość oddziaływania człowieka na obiekt pracy (sterowania) rodzi wiele nowych zagadnień dotyczących psychicznej regulacji czynności. Ruch jest zawsze ściśle podporządkowany czynności i jej strukturze. Powstaje problem dysharmonii i dysproporcji między złożonością celu i złożonością struktury czynności, która do niego prowadzi, z punktu widzenia procesów poznawczych zaangażowanych w jej wykonywanie, a prostotą samego ruchu. Za prostotą ruchu stoi często ogrom wymagań dotyczących dokładności

i szybkości wykonywania czynności, a nie tylko tego prostego ruchu. Właśnie dlatego istnieje duże prawdopodobieństwo popełnienia błędu. Może to być ruch niedokładny lub spóźniony, może być dokładny, ale nie w porę lub dokładny sam w sobie, lecz niezgodny ze strukturą całej czynności, niejako poza jej kontekstem. Na przykład rutynowo wykonywany ruch przy nietypowych czynnościach może być źródłem poważnych błędów, lecz będą to błędy czynności, a nie błędy ruchu jako takiego.

W tym rozdziale chcę jednak zwrócić uwagę na błędy ruchów powstałe na skutek zaburzeń w regulacji ruchów, a nie zaburzeń w regulacji czynności, która jest strukturą nadrzędną.

Tak więc, przekazywanie przez człowieka informacji ogniowom maszynowym to inaczej całokształt szeroko rozumianych czynności motorycznych, zmierzających do wywołania zmian w przedmiocie pracy. Te zmiany nie są skutkiem bezpośrednim czynności ruchowych, lecz skutkiem pośrednim. Zalicza się tu ruchy rąk, nóg, tułowia, podobnie jak czyni się to przy analizie wszelkich innych form pracy. Dodatkowo także analizuje się rozkazy słowne (a więc chodzi o ruchy aparatu artykulacyjnego), polecenia na piśmie (złożona czynność motoryczna ręki) w celu przekazania ich innym osobom, które z kolei będą oddziaływały na pewne obiekty w środowisku pracy. Tak więc w pracy operatora bezpośrednią zmianą w wyniku tak rozumianych czynności motorycznych jest zmiana położenia steru lub elementu sterowniczego albo też zmiana zachowania się innego człowieka, któremu przekazano informację słownie lub na piśmie. Wielkości wyjściowe sterowania zostają przekształcone w wielkości wyjściowe układu człowiek- obiekt techniczny. Dzieje się to właśnie za pośrednictwem aparatu ruchowego.

Ruchy to czynności zewnętrznie obserwowalne, będące w „służbie” czynności nadrzędnych, umysłowych. Z tego względu niezbędna jest analiza nie tylko ruchów samych w sobie, lecz także ruchów wykonywanych w kontekście owych nadrzędnych struktur czynnościowych nadających im znaczenie lub sens funkcjonalny.

Aby zrozumieć złożoność psychicznej regulacji ruchów, trzeba się odwołać do wiedzy dotyczącej ruchów ręki ludzkiej, gdyż jest ona najważniejszym elementem układu ruchowego człowieka w związku z pracą oraz jest wyposażona w zmysł kinestetyczny, jeden z ważnych rodzajów informacji czuciowej.

Ręka jest więc zarazem aparatem percepcyjnym i ruchowym. Jej praca jest regulowana za pośrednictwem różnych funkcjonalnych układów mózgowych. Ogólnie biorąc, różnica między aparatem ruchowym człowieka i zwierzęcia a strukturą maszyn polega na tym, że narządy ruchu człowieka mają ogromną liczbę stopni swobody jego członów ruchomych względem podstawy (członu nieruchomego). Jest to miara ruchliwości mechanizmu lub biomechanizmu.

Podstawowym pojęciem w analizie aparatu ruchowego jest pojęcie członu. Jest to swego rodzaju „cegiełka” strukturalna teorii aparatu ruchowego. Kolejnym ważnym pojęciem jest pojęcie łańcucha kinematycznego. Jest to spójny układ członów połączonych ruchowo. Każdy człon ma 6 stopni swobody (jest to liczba niezależnych parametrów określających położenie członu w przestrzeni).

Stopień skomplikowania struktury łańcuchów kinematycznych powoduje tak wielką złożoność dynamiki, że obraz kinematyczny ruchu jest nieprzewidywalny. Trzeba pamiętać, że do złożoności układu mięśniowo - kostnego dochodzi złożoność struktury i dynamiki samych mięśni. Mięśnie i kości tworzą tzw. peryferyczny cykl współdziałania. Powstaje cykliczna, pierścieniowa struktura ruchu: zmiana napięcia mięśnia - przemieszczenie się kości z przyczepionymi do nich końcami mięśni - zmiana długości mięśnia - zmiana napięcia mięśnia, itd. O tym właśnie cyklu, o dynamice zmian w układzie kostno - mięśniowym, musi być informowana „centrala” kory mózgu. Tu właśnie przechodzimy do problemu regulacji ruchu. Pojęciem podstawowym jest program aktu ruchowego. Zazwyczaj układ ruchowy rozpatrujemy jako układ efektoryczny, lecz-jak już wspomniano -jest on także układem czuciowym (afferentnym, centrobieżnym, dośrodkowym). Mowa tu bę-

dzie o zadaniu ruchowym w odróżnieniu od zadań roboczych lub o czynnościach ruchowych w odróżnieniu od czynności roboczych.

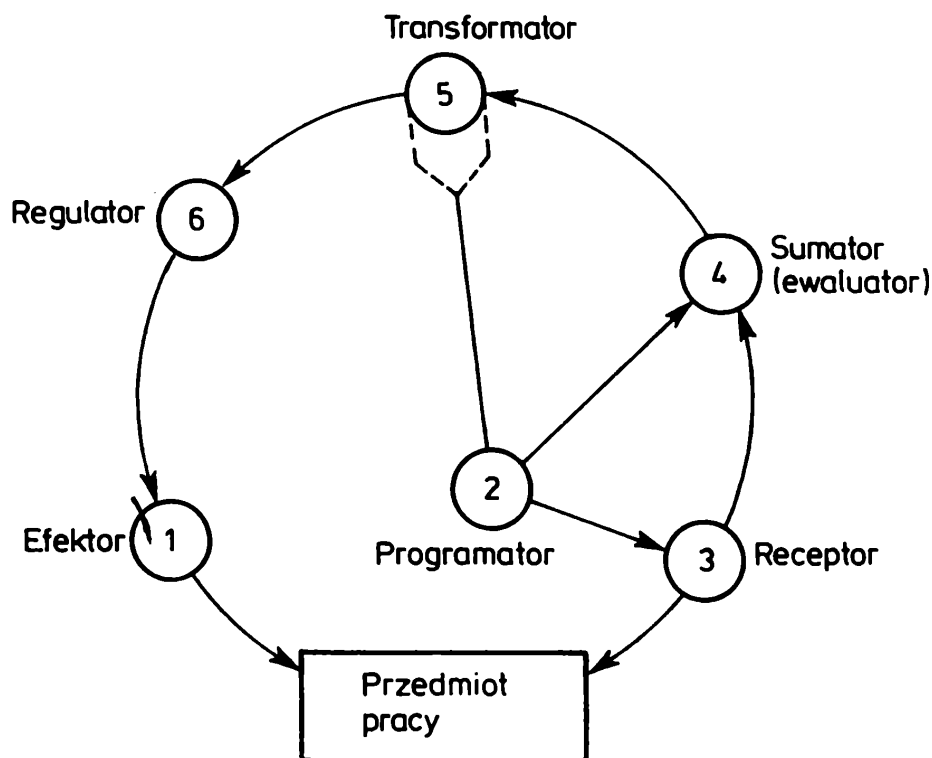
Jak już wspomniano, regulatorem ruchu jest *obraz celu* ruchu oraz *obraz samego ruchu*. W celu zawarty jest sens, znaczenie tego ruchu, tj. wyniku, jaki uzyska organizm czy podmiot działający dzięki temu ruchowi. Regulacja polega na porównywaniu zewnętrznych cech aktu ruchu (trasy, szybkości, przyspieszenia, kierunku itp.). Są to wtórne cechy ruchu, pochodne w stosunku do samego ruchu, który zależy od współdziałania mięśni, od położenia poszczególnych ogniw łańcucha kinematycznego oraz od pozostałych wewnętrznych czynników organizmu ludzkiego jako całości. Człowiek zazwyczaj tego sobie nie uświadamia. Bezpośrednia korekta dynamiki mięśni pozostaje poza jego świadomością. Regulacja ruchu doskonalą się w procesie uczenia się. Jest to jednak, jak już powiedziano wcześniej, powtórzenie bez powtórzenia. Każdy kolejny ruch jest nieco lepszy od poprzedniego. Regulacja zewnętrzna zostaje stopniowo zastąpiona przez regulację wewnętrzną (tzw. wewnętrzny obwód regulacyjny w odróżnieniu od zewnętrznego obwodu regulacyjnego oko-ręka). Informacja od receptorów kinestetycznych, reagujących na zmiany napięcia mięśniowego, trafia do „centrali” tworząc stopniowo wewnętrzny obwód regulacyjny stanowiący podstawę dowolnego „dysponowania” danym ruchem. Dzięki temu możliwy jest tzw. akt ideomotoryczny. Sam proces ruchu usuwa się poza sferę świadomości. Ruch jest wykonywany automatycznie. Korekty odbywają się na podstawie nielicznych sygnałów zewnętrznych lub wewnętrznych. W tej fazie nawyku możliwa jest antycypacja ruchu, zwiększająca szybkość reakcji ruchowych i stwarzająca możliwość synchronizacji sterowanego ruchu z przebiegiem funkcji programującej jego parametry.

Funkcja antycypacyjna mechanizmów regulacyjnych ruchu tworzy się więc stopniowo. Schemat blokowy regulacji ruchów według N.A. Bernsztajna przedstawia rys. 5.2.

Istnieją dwa rodzaje regulacji ruchów roboczych ręki:

1. regulacja wzrokowa (zewnętrzna wobec ruchu),
2. regulacja proprioceptywna (wewnętrzna, integralnie związana z samym ruchem).

Ta druga ma charakter kinestetyczny i dotykowy. Oba rodzaje regulacji mogą mieć charakter świadomy lub zautomatyzowany. Regulacja proprioceptywna ma głównie cha-



Rys. 5.2. Schemat blokowy regulacji ruchów

Źródło: N.A. Bernsztajn 1966

rakter automatyczny, odbywa się przy minimalnym udziale świadomości. Za pomocą regulacji dotykowej możliwa jest regulacja przestrzenna, tworzenie „mapy” ruchu (jego trajektorii), a za pomocą zmysłu kinestetycznego - czasowa regulacja ruchu. Funkcją świadomości w ruchu jest jego antycypacja, programowanie oraz kontrola jego przebiegu (W. Nawrocka 1973). Każdy ruch ma swoją strukturę sensomotoryczną, nieraz bardzo złożoną. Składa się ona z dwu rodzajów danych: wzrokowych i kinestetycznych. Między ruchami tymi zachodzą złożone powiązania. Wzrok wspomaga w tworzeniu obrazu ruchu, a ręka wspiera mechanizm regulacyjny za pomocą danych uzupełniających ten obraz, dotyczących natury przedmiotu obróbki, które są bardziej użyteczne przy konstruowaniu obrazu ruchu ze względu na jego długość, kierunek i siłę. Wzajemne zależności między tzw. wzrokowym a kinestetycznym obwodem regulacji ruchu nie są dobrze poznane. Regulacja kinestetyczno - dotykowa ruchu jest ciągła, a regulacja wzrokowa może mieć charakter przerywany i incydentalny (W. Nawrocka 1973). Podstawą obrazu kształtu przedmiotu przy dotykaniu instrumentalnym jest kinestetyczna kontrola nad przebiegiem trasy ruchu (trajektorii) ręki trzymającej przedmiot pracy lub narzędzie.

Chodzi przy tym o kinestezję nie tylko dłoni, lecz także całego ciała człowieka (poza roboczą), tj. całego aparatu mięśniowo - kostnego. W tym właśnie kryje się zagadka orientacji człowieka w przestrzeni. W systemowym mechanizmie kształtowania obrazu przestrzeni kierunki, kształty i wielkości przedmiotów kombinowane są w ogólne i specyficzne dla człowieka skojarzenia intermodalne oparte na mechanizmach fizjologicznych. Istnieją dwa mechanizmy tego rodzaju: mechanizm złożonych odruchów warunkowych oraz zasada parzystości działania półkul mózgowych z charakterystyczną dla człowieka dynamiką symetrii i asymetrii (I.P. Bogusz 1956, J. Okoń 1963).

Ruchy wykonywane w procesie pracy znajdują się pod subtelną kontrolą trzech rodzajów ośrodków korowych zawiadujących analizatorem dotyku, wzroku i słu-

chu. Jak podaje B.G. Ananiew (1960), wyłączenie dotyku w czasie wykonywania czynności związanych z określonym przedmiotem obróbki (np. przez włożenie rękawiczek) utrudnia regulację wysiłku mięśniowego (np. siły nacisku). Wyłączenie słuchu ma wpływ na regulację tempa ruchów, a wyłączenie wzroku utrudnia regulację kierunku i drogi ruchu. Wpływ rodzaju informacji sterującej ruchem badano bardzo szczegółowo w laboratorium psychologii pracy przy Centralnym Instytucie Ochrony Pracy w Warszawie (Z. Kapuścińska, J. Okoń 1965, 1970).

W wyniku badań przeprowadzonych w ramach trzech eksperymentów ustalono, że:

1. Proste oraz obrotowe, tzw. ślepe, ruchy docelowe, wykonywane na podstawie informacji kinestetycznej, są dokładniejsze od takich samych ruchów wykonywanych na podstawie informacji wzrokowej.
2. W przypadku ruchów obrotowych średnica gałek regulacyjnych nie wpływa na dokładność ruchów.
3. Długie (300 milimetrów) kierowane ruchy docelowe wykonywane na podstawie poprzedzającej je informacji wzrokowej są dokładniejsze niż kierowane ruchy krótkie (50 milimetrów).

Tłumaczy się to zwiększonym udziałem kinestetyki gałek ocznych w procesie odbioru informacji wzrokowej, uzyskiwanej przy oglądaniu długich perspektyw. Wyniki badań potwierdziły tezę o większej precyzji regulacji ślepych ruchów docelowych oraz hipotezę o wpływie kinestetyki gałek ocznych na dokładność ruchów wykonywanych na podstawie informacji wzrokowej. Tego rodzaju badania mają znaczenie dla określenia nie tylko mechanizmów psychologicznej regulacji ruchów, lecz także dla projektowania i konstruowania urządzeń sterowniczych, przy posługiwaniu się którymi kontrola wzrokowa nad wykonywanymi ruchami nie może być sprawowana z powodu przeciążenia wzroku innymi zadaniami związanymi z odbiorem informacji. Badania nad dokładnością ślepych ruchów docelowych przeprowadzono wielokrotnie w związku z projektowaniem kabin samolotów (I.S. Brown, N.B. Knauff, G. Rosenbaum 1948, P.M. Fitts 1953 i inni).

N.G. Lewandowski (1959) wykazał, że w procesie sterowania urządzeniem sterowniczym zmienia się struktura sensomotoryczna czynności na skutek tzw. dozujących ruchów ręki, które są regulowane połączeniami wzrokowo - kinestetycznymi. Powstawanie nawyków płynnego sterowania jest w sposób ścisły powiązane ze zdolnością spostrzegania przestrzeni.

Z drugiej strony, ruchy aparatów sensorycznych człowieka mają niemałe znaczenie także dla przestrzennego spostrzegania przedmiotów. W.P. Zinczenko i B.F. Łomow (1960) na podstawie badań empirycznych wyodrębnili dwa rodzaje ruchów gałek ocznych oraz ruchów rąk w procesie spostrzegania wzrokowego i dotykowego. Są to ruchy dające się zaobserwować gołym okiem (tzw. makroruchy) oraz ruchy, które można zarejestrować jedynie za pomocą specjalnych aparatów (mikroruchy). Te ostatnie są koniecznym warunkiem uzyskania informacji wzrokowej i dotykowej przez korę mózgową; zapewniają normalny, fizjologiczny reżim pracy analizatora wzrokowego i dotykowego, utrzymując ich wrażliwość na podobnym, optymalnym poziomie w trakcie całego aktu spostrzegania.

Makroruchy dzielą się na:

- ruchy poszukiwawcze i nastawnicze,
- ruchy gnostyczne (śledzące).

Te pierwsze są ukierunkowane na poszukiwanie przedmiotu spostrzegania i na nastrojenie wstępne aparatów receptorycznych. Te drugie mają za zadanie konstruowanie obrazu przedmiotu, dokonanie jego pomiaru oraz korekcję.

Oba rodzaje ruchów w przypadku spostrzegania przedmiotu pracy są zaangażowane zarówno w proces widzenia jak i w proces dotykania. Tak więc regulacja

ruchów wymaga integracji informacji pochodzących z tych dwu analizatorów oraz integracji aktywności motorycznej tych analizatorów. Makroruchy i mikroruchy uczestniczą w różny sposób w osiąganiu celu ruchu.

Struktura czasowo - przestrzenna ruchu składa się z dwu faz:

- fazy *docelowej*, która z kolei ma dwie fazy dzielące ruch na część dynamiczną i stabilizującą ruch, przy czym faza dynamiczna to makroruch, a stabilizująca to pewna liczba mikroruchów w najbliższej okolicy punktu stacjonarnego,
- fazy *manipulacyjnej*, czyli określonego ruchu podstawowego. np. chwytanie, ciągnięcie, pchanie, naciskanie, przytrzymywanie, przekręcanie, puszczanie.

O tym, jak złożona musi być psychiczna regulacja ruchu świadczy liczba parametrów ruchu, które muszą być brane pod uwagę w czasie ich wykonywania. Ruch musi być regulowany pod względem szybkości, dokładności i siły. Szybkość ruchu ma granice od 0,01 cm/sek (przy precyzyjnej regulacji) do 8000 cm/sek (w czasie rzutu). W normalnych operacjach produkcyjnych szybkość ta wynosi 5 - 800 cm/sek.

Szybkość ruchu zależy od jego długości, przy czym trzeba pamiętać, że przyrost czasu ruchu jest mniejszy od przyrostu samego ruchu, na skutek tego, że zawsze potrzebny jest czas na pokonanie wstępnej inercji ruchu oraz czas na jego stabilizację. Także kierunek ruchu wpływa na jego szybkość. Ruchy pionowe są szybsze od poziomych, ruchy wprzód - w tył są szybsze od ruchów z lewa na prawo, ruchy z prawa na lewo są szybsze niż z lewa na prawo.

Dokładność ruchów to takie ukierunkowanie przebiegu ruchów, które prowadzi do realizacji zamierzonego celu, tj. wówczas, gdy stosunek zadania realizowanego do zadania zamierzonego wynosi 1. Gdy stosunek ten jest mniejszy od 1, mamy do czynienia z błędem. Dokładność ruchu jest odwrotnie proporcjonalna do jego długości (A. Wohl 1972).

Siła ruchów jest przedmiotem badań głównie fizjologii. Siła ta zależy od tego, jaka kończyna ruch ten wykonuje. Maksymalna siła prawej ręki jest o 10% większa od maksymalnej siły lewej ręki. Największa jest siła nóg. Ręka jest w stanie podnieść ciężar 55 kg, a naciśnięcie pedału nogą powoduje podniesienie maksimum 253 kg. Siła ruchu zależy także od jego kierunku.

Specyfika ruchów człowieka polega na tym, że są one regulowane za pomocą programów tworzonych wewnątrz. Wykryte przez fizjologów zjawisko reaferecji ruchowej zapewnia tzw. dowolną regulację ruchów. Jest to wynik przekształcania się przebiegów sensorycznych w przebiegi motoryczne. Tu kryje się możliwość antycypacji ruchu lub reakcji antycypacyjnej warunkującej wszelkie celowe działanie człowieka. Łańcuchy odruchowe są zespołami programowymi zawartymi w aktach ruchowych. Istnieje więc związek między motywacją ruchową a działaniami ruchowymi. Zakłócenia między motywacją wykonania ruchu a ruchem rzeczywistym mogą być przyczyną poważnych błędów.

Ogólnie biorąc ruch może być, z jednej strony, regulatorem „zachowania się” aparatów sensorycznych człowieka (np. ruchy gałek ocznych) i determinować poziom funkcji odbioru informacji, z drugiej zaś, sam ruch musi być „dozorowany” przez narządy zmysłowe ze względu zarówno na przestrzenne jak i na czasowe aspekty organizacji jego przebiegu. Przestrzenna organizacja ruchu zależy od sposobu funkcjonowania neuronów centralnego układu nerwowego reagujących na różne pobudzenia docierające z dwu różnych punktów przestrzeni.

Organizacja czasowa ruchu jest uwarunkowana różnymi mechanizmami sprzężenia zwrotnego w organizmie, regulującymi ruch w zależności od cech środowiska, w jakim się człowiek znajduje i porusza. Mechanizmy te zapewniają trwanie ruchu w czasie.

Wiele danych eksperymentalnych wskazuje na to, że opóźnione sensoryczne sprzężenie zwrotne (brak kontroli zwrotnej regulatorów ruchu) wywołuje poważne zakłócenia integracji czynności, którym towarzyszą zaburzenia emocjonalne.



Ruchy ciągle przekształcają się w serie ruchów przerywanych, rośnie ogólny czas wykonywania ruchu oraz liczba błędów. Nie zachodzi wówczas proces uczenia się i adaptacji do otoczenia. Pojawia się poczucie zdumienia, frustracji i niechęci do dalszego działania. W takich momentach prawdopodobieństwo błędu znacznie wzrasta.

Na zakończenie tego paragrafu wymienię podstawowe kategorie ruchów operatorskich, które w różnym stopniu angażują świadomość i wymagają zaangażowania złożonych mechanizmów regulacyjnych (B.F. Łomow i in. 1977):

1. Operacje włączania, wyłączania, przełączania - przy ich wykonywaniu obowiązuje zasada prostych reakcji wyboru; podstawową informacją o tych czynnościach jest czas reakcji.
2. Ciągi powtarzających się ruchów, za pomocą których odbywa się operacja kodowania i przekazywania informacji. Bardzo ważne jest tu tempo i rytm. Wzrost sprawności tych ruchów można uzyskać za pomocą treningu.
3. Manipulowanie urządzeniami sterowniczymi w celu wyregulowania aparatury i dokładnego ustalenia pozycji sterowanego przedmiotu. Konieczna jest tu umiejętność dozowania ruchów według parametru siły oraz cech przestrzennych i czasowych ruchu. Głównym wskaźnikiem sprawności przy wykonywaniu takich ruchów jest dokładność dozowanych reakcji.
4. Operacje śledzenia zmieniających położenie obiektów. Są to zadania polegające na ciągłym współdziałaniu percepcji i motoryki. Odróżnia się śledzenie kompensacyjne (jak w radiolokacji) oraz śledzenie pościgowe. W śledzeniu kompensacyjnym cel jest nieruchomy i zadaniem operatora jest utrzymanie się w obrębie celu. W śledzeniu pościgowym cel jest ruchomy i „ścigacz” podąża za nim.

Najlepszym modelem zachowania się człowieka, które nadaje się do analizy ilościowej oraz porównywania z innymi ogniwami układu człowiek-maszyna, jest model człowieka podążającego za poruszającym się przedmiotem (celem). W tym przypadku można bowiem obliczyć tzw. funkcję przełożeniową między bodźcami na wejściu oraz na wyjściu układu, jakim jest człowiek. Ten właśnie model posłużył

K.J.W. Craikowi do określenia zasady sprzężenia zwrotnego oraz centralnej regulacji ruchu, odbywającej się na zasadzie scalania oddzielnych „kawałków” ruchu w całość.

Poświęcenie tak wiele uwagi zagadnieniom psychomotoryki człowieka było uzasadnione tym, że ruchy człowieka, jako obserwowalne składniki zachowania, nadają się do wykorzystania przy tworzeniu empirycznych wskaźników regulacji psychicznej przydatnych przy weryfikacji modeli teoretycznych regulacji tej dotyczących. Także błędy czynności ruchowych są bardziej uchwytnie niż błędy innych czynności.

### **5.3.Problem odpowiedniości wymagań stawianych człowiekowi do zakresu jego możliwości**

Omówiono oddzielnie problem możliwości człowieka traktowanych jako cechy i stany. Na uboczu pozostały wymagania stawiane człowiekowi. Są one drugą ważną i względnie niezależną determinantą działania człowieka. Zadania tkwią w strukturze sytuacji, jako jeden z najważniejszych jej elementów, wyznaczając

jej sens. Wymagania tkwią także w środowisku człowieka tworząc zespół względnie trwałych jego cech natury fizycznej (światło, środowisko akustyczne, warunki klimatyczne) oraz społecznej, gdy mowa o innych ludziach, grupach ludzkich, czy instytucjach społecznych, które oczekują od człowieka określonych zachowań i spełniania określonych warunków.

Wymagania środowiska polegają na tym, że wyznaczają sposób dostosowania się człowieka jako istoty biologicznej i społecznej niezależnie od tego, czy zostały podjęte przez niego określone zadania, czy też nie. Wysoka temperatura pomieszczeń wymaga od człowieka posiadania cechy, którą jest wydolność organizmu, hałas - odporności na zakłócenia, warunki świetlne - określonych zdolności do reagowania na barwy i światło. W warunkach wymagających w każdym niemal zakresie przystosowania się człowieka realizacja zadań staje się niemożliwa, a koszty psychiczne przystosowania się do takich warunków są ogromne.

Wymagania, które są określane jako cechy sytuacji, są najczęściej rozumiane jako determinanty uruchamiające działanie człowieka. Występują więc najczęściej pod postacią zadań, stąd też najczęściej wymienianą klasą sytuacji są sytuacje zadaniowe. Mogą one być odczytane przez podmiot z kontekstu sytuacji, mogą też być zlecone czy narzucone przez osoby trzecie, regulaminy, sugestie, wskazówki itp. Geneza zadań jest dwójaka: są one pochodną potrzeb jednostki oraz pochodną potrzeb innych ludzi lub grup społecznych (T. Tomaszewski 1966, Z. Zimny 1977).

Z punktu widzenia regulacyjnej roli psychiki w zachowaniu się człowieka, ważna jest wiedza nie tylko o cechach lub stanach jednostki podejmującej określone działanie w postaci zadań, lecz także o samych zadaniach, w których zawarte są wymagania stawiane człowiekowi przez sytuację, a także o relacji jaka zachodzi między tymi dwiema grupami charakterystyk, to jest między cechami i stanami człowieka a wymaganiami otoczenia. Wiedza o równowadze lub jej zakłóceniu ma podstawowe znaczenie dla przewidywania zachowania się człowieka oraz projektowania środowiska w taki sposób, aby „liczyło się” z możliwościami lub ograniczeniami człowieka.

Równowaga między możliwościami człowieka a wymaganiami otoczenia w warunkach stabilności często nosi nazwę *odpowiedniości (compatibility)*. Równowaga w warunkach zachodzących zmian nazywa się procesem wzajemnego przystosowywania się otoczenia i człowieka. Aby wyrazić stan harmonii między człowiekiem i otoczeniem, używa się także terminu *dostosowanie*, mając na myśli odpowiednie ukształtowanie względnie trwałych cech otoczenia, zwanych warunkami pracy. Niekiedy używa się także pojęcia dopasowanie (*fitness*) cech człowieka i maszyny, mając na myśli fizyczne cechy człowieka, takie jak wzrost, wiek czy budowa ciała,

Rozbieżność między możliwościami człowieka a wymaganiami otoczenia może mieć dwójaki charakter: wymagania mogą przekraczać możliwości człowieka oraz mogą od nich być mniejsze. Każdy z tych rodzajów rozbieżności ma inny wpływ na przebieg czynności człowieka. Gdy wymagania przekroczą możliwości człowieka, w jego pracy mogą powstawać błędy typu opuszczenie sygnałów, przeoczenie ważnych informacji, zapomnianie, otamowanie uwagi, „gonitwa” myśli, wreszcie dezintegracja zachowania się, aż do całkowitego wyłączenia się z toku pracy. Natomiast gdy możliwości człowieka są większe niż stawiane mu wymagania, błędy mogą pojawiać się na skutek pogrążania się człowieka w stan monotonii, znużenia, apatii, a także na skutek wyłączenia się z toku pracy.

Można więc powiedzieć, że mamy do czynienia z trzema rodzajami sytuacji powiązania między wymaganiami i możliwościami człowieka:

1. Sytuacja równowagi (harmonii, dopasowania, zgodności itp.), w której człowiek wykonując zadania i wydając na to energię ma stopniowo narastające poczucie zmęczenia, lecz również poczucie możliwości sprostania tym wymaganiom bez konieczności sięgania do rezerw energetycznych czy innych (np. psychicznych). Są to tzw. optymalne sytuacje pracy człowieka.

Optymalizacja pracy polega właśnie na tym, aby doprowadzić do tego rodzaju stanu równowagi czy odpowiedniości.

2. Sytuacja, w której wymagania przekraczają możliwości człowieka. Są to wszelkiego rodzaju trudne sytuacje, o których była już mowa w poprzednich rozdziałach. Do szczególnie trudnych sytuacji należą takie sytuacje ekstremalne, w których wymagania są na granicy maksymalnych możliwości człowieka, a prawdopodobieństwo przekroczenia tej granicy powoduje stan poważnego zagrożenia, prowadząc do stanów skrajnego napięcia emocjonalnego, stresu lub chorób somatycznych.
3. Sytuacja, w której wymagania są niższe od możliwości człowieka (reżim pracy polegający na minimalnym obciążeniu) powoduje ogólne obniżenie motywacji do pracy, zmniejszenie zainteresowania nią, a jeśli tego rodzaju praca ma charakter stały - degradację osobowości człowieka.

Można sądzić, że najlepszym predyktorem zachowania się człowieka w różnych sytuacjach (harmonia lub dysharmonia między wymaganiami a możliwościami) w pracy typu operatorskiego byłaby wiedza o wyjściowym czy też wstępnym stanie owej harmonii, tj. wówczas, gdy człowiek wybiera zawód lub podejmuje pracę na danym stanowisku lub też, gdy rozpoczyna dzień pracy na określonej zmianie roboczej. W tych dwu perspektywach czasu, perspektywa życiowa człowieka oraz perspektywa zmiany roboczej, rozpatruje się na ogół problemy przystosowania się człowieka do pracy jako dynamikę sprawności w pracy. Natomiast przystosowanie się do społecznych warunków zakładu pracy jest głównie przedmiotem analizy socjologów: badania tego rodzaju nazywane są często badaniami nad adaptacją do pracy.

W sytuacji odpowiedniości wymagań i możliwości człowieka diagnoza jego stanów i ich zmian nie byłaby potrzebna do przewidywania jego zachowania się z punktu widzenia niezawodności działania. Drobne zmiany, zakłócenia, chwilowe stany nierównowagi byłyby usuwane dzięki zdolnościom przystosowawczym człowieka, czerpiącego siły z rezerw dalekich od wyczerpania. Natomiast w sytuacji wstępnego niedostosowania człowieka do pracy - zwłaszcza, gdy chodzi o sytuacje ekstremalne - diagnoza chwilowych stanów człowieka, nawet drobnych wahań w tych stanach, może się okazać trafnym predyktorem błędów, potknięć i uchybień oraz trudności w przystosowaniu się człowieka do gwałtownie zmieniających się sytuacji. Oczywiście, musielibyśmy także dysponować wiedzą o owych nieoczekiwanych zmianach otoczenia. Zmiany jednego stanu, np. emocjonalnego, mogą „przenosić się” (czy też indukować) na zmiany innych funkcji regulacyjnych psychiki.

Brak szczegółowej wiedzy o tym, jaki rodzaj rozbieżności między możliwościami człowieka a wymaganiami otoczenia i w czym najbardziej zagraża niezawodności człowieka oraz wpływa destrukcyjnie na przebieg czynności zawodowych.

Więcej wiadomo na temat tej „długiej” perspektywy, tj. perspektywy życiowej, i przygotowania zawodowego, niż na temat dynamiki przystosowania się chwilowego. Wiedza ta odnosi się głównie do pracy pilotów (G.T. Bieriegowej i in. 1978).

## **5.4. Model psychicznej regulacji niezawodnego działania człowieka**

W rozdziale tym nie ma rozstrzygających rozważań na temat psychicznej regulacji niezawodnego działania, gdyż problem ten daleki jest od rozwiązania zarówno pod względem teoretycznym jak i empirycznym. Tytuł rozdziału ma na celu podkreślenie, iż będzie w nim mowa nie tyle o regulacji działania w ogóle, ile o takiej

regulacji, która uwzględnia wybrany aspekt zachowania się, jakim jest popełnianie błędów. Jest to więc pewien rodzaj czy też próba syntezy dotychczasowych rozważań zawartych w rozdziale 2. dotyczących mechanizmów popełniania błędów i w rozdziale 5 dotyczących poszczególnych poziomów regulacji psychicznej działania człowieka (poziom tworzenia obrazu operacyjnego celu oraz poziom tworzenia programu ruchu składającego się na czynność sterowania).

Użyte w tytule słowo model ma podkreślić, że wiedza na temat regulacji jest hipotetyczna, że w celu jej pogłębienia konstruuje się modele w większym lub mniejszym stopniu oparte na wynikach badań empirycznych i uzasadnione teoretycznie.

Jak już wielokrotnie podkreślałam, działanie operatora w zasadniczy sposób różni się od działania człowieka wykonującego pracę w sposób tradycyjny, tj. w taki sposób, że tworzywo i narzędzia pracy znajdują się w bezpośrednim zasięgu jego narządów zmysłów oraz rąk. Specyfika pracy typu operatorskiego polega na tym, że przedmiot pracy (obiekt sterowania) jest jakby „obudowany” systemem znaków i symboli informacyjnych tworzących coś, co można przyrównać do warstwy izolującej człowieka od obiektu, stwarzającej dystans nie tylko przestrzenny, lecz także czasowy. Odbiór informacji o obiekcie oraz jej przetworzenie wymaga czasu, a więc jest odroczone. Ponadto odbiór informacji w dużym stopniu angażuje procesy związane z dekodowaniem zawartej w symbolach informacji. Te dwa momenty: odroczenie w odbiorze cech obiektu oraz zaangażowanie procesów umysłowych o bardzo nieraz złożonym charakterze powodują, że następuje dekompozycja poziomów regulacyjnych w porównaniu z poziomami regulacji działania w naturalnych warunkach pracy. Oznacza to, że obiekt spostrzegania przestaje być tylko obiektem spostrzegania i staje się jednocześnie obiektem operacji umysłowych. Istnienie w umyśle operatora owego systemu symboli, którymi obudowany jest obiekt, wymaga uprzedniego rozstrzygnięcia przez operatora, jakie istnieją relacje między obiektem, sygnałem oraz bodźcem fizykalnym, który jest nosicielem informacji.

Człowiek pełniący funkcję operatora otoczony jest więc środowiskiem semantycznym, owymi satelitami informacyjnymi sterowanego obiektu. Są to wskaźniki stanu, w jakim znajduje się obiekt. To sztuczne tworzenie więzi między obiektem a człowiekiem wymaga szczególnego rodzaju procesów regulacji w centralnym układzie nerwowym, polegającej na tym, że regulacja sensoryczna prowadzi do regulacji myślowej, a ta z kolei konkretyzuje się w postaci wyobrażeń dotyczących konkretnych stanów sterowanego obiektu i warunków, w jakich ten obiekt przebywa.

Regulacja psychiczna opiera się na tworzeniu przez człowieka obrazu rzeczywistości (T. Tomaszewski 1984), a następnie na podporządkowaniu swego zachowania obrazowi celu działania i zmian, jakie w procesie tego działania zachodzą w człowieku i w jego otoczeniu. Obraz celu konkretyzuje się zanim człowiek rozpocznie swoje czynności (odnosi się to także do pracy operatora).

Wyróżnia się dwa poziomy regulacji psychicznej: sensoryczno - poglądową i myślowo - poglądową.

W procesie regulacji szczególnie ważne znaczenie ma wzajemne powiązanie (podporządkowanie) obrazu wyniku działania (celu) z obrazem drogi doń prowadzącej, tj. obrazem ruchu.

Obraz celu formuje się na podstawie trzech rodzajów danych; są to:

- aktualnie napływające informacje dotyczące stanów obiektu,
- informacje już posiadane o danym obiekcie (doświadczenie),
- informacje antycypowane, tj. przewidywane stany obiektu.

Można przypuszczać, że między obrazem celu a obrazem ruchu istnieją specyficzne powiązania. Obraz celu wyznacza trasę i charakter ruchu, ale kolejno wykonywane ruchy mogą dostarczać tego rodzaju informacji na temat obiektu, że zmienia się ów obraz celu oraz zmieniają się posiadane o nim informacje.

Może również wystąpić zjawisko konfliktowości między różnymi rodzajami wymagań dotyczących czynności zarówno sensorycznych, umysłowych, jak i ruchów. Konflikty wymagań mogą dotyczyć np.:

- szybkości i dokładności (trudno jednocześnie wykonywać czynności czy to odbioru informacji, czy wykonywania ruchów z maksymalną szybkością i dokładnością);
- konkretyzacji obrazów i zarazem uogólniania napływających informacji; przechodzenie z jednego poziomu regulacji na drugi może być szczególnie trudne w sytuacji deficytu czasu czy nadmiaru stymulacji;
- jednoczesności pojawiania się informacji pochodzącej z wielu źródeł oraz kolejności ich wykorzystania, innymi słowy, może tu wystąpić konflikt między temporalną i przestrzenną strukturą zdarzeń;
- wymagań związanych z przerzucaniem się świadomości z obrazu celu na plan działania, co jest pochodną konfliktu między wspomnianą wyżej temporalną i przestrzenną strukturą zdarzeń (także działania człowieka); wymagana jest tu umiejętność przedstawiania się człowieka z procesów kontroli *celu* (wyniku) na proces kontroli *planu* działania oraz procesu jego realizacji; te trzy rodzaje kontroli zlewają się jak gdyby w jedną kontrolę nadrzędną w przypadku czynności dobrze opanowanych oraz zostają usunięte z pola świadomości przy wykonywaniu czynności zautomatyzowanych; w momencie pojawiania się sygnału awarii lub innego zagrożenia, konieczność ponownego „uruchomienia” tych mechanizmów kontroli staje się jednak widoczna i dla obserwatora tych czynności, i dla samego podmiotu;
- pola spostrzegania i pola motoryki człowieka w procesie pracy; na skutek tego konfliktu może powstać deformacja przestrzeni (W.P. Zinczenko 1981).

Program czynności i obraz celu tworzą się w dwu różnych formach. Przestrzeń własnego ruchu jest inna niż przestrzeń, w której porusza się obiekt. Zarówno w momencie uformowania się obrazu celu, jak i w pozostałych etapach regulacji czynności mogą powstawać różnego rodzaju błędy. Na etapie tworzenia się obrazu celu pojawia się poczucie niespełnienia wymagań, choć obiektywnie zostały one przez człowieka spełnione. Na etapie wykonywania ruchów może pojawić się poczucie spełnienia wymagań, choć obiektywnie wymagania te mogą nie być spełnione. Konieczny jest zatem podział czynności regulacyjnych na etapy i składniki, umożliwiające szczegółową analizę typu popełnianych błędów. Schematy badawcze typu bodziec-reakcja stanowią już nie wystarczająco do wyjaśnienia mechanizmów regulacyjnych działania. Głównym kryterium analizy powinien być stopień swobody wyboru trzech podstawowych elementów wszelkiego świadomego działania (czynności dowolnych):

- swoboda wyboru celu (tworzenia jego obrazu),
- swoboda wyboru środka pozwalającego ten cel osiągnąć,
- swoboda wyboru wyniku (działanie zmierzające do określonego celu może mieć wiele wyników, mogą się one różnić jakościowo).

Powracamy więc do problematyki podejmowania decyzji jako podstawowego procesu warunkującego sensowne działanie człowieka.

Istotą regulacji psychicznej jest, jak starano się tu dowieść, wzajemne powiązanie trzech rodzajów informacji: informacji zwrotnej o wyniku własnego działania, informacji o przyszłych zdarzeniach dotyczących stanów obiektu, na który człowiek oddziałuje w toku pracy oraz informacji o przyszłych własnych stanach podmiotu.

Głównym zadaniem regulacyjnym psychiki człowieka jest więc nieustanne porównywanie i integrowanie informacji zawartej w tym, co nazywamy obrazem celu

działania, oraz informacji zawartej w obrazie własnego ruchu, który jest drogą do osiągnięcia celu. Między tymi dwoma rodzajami informacji istnieją określone stosunki zależności i podporządkowania. Są one szczególnie złożone w zmieniających się sytuacjach, gdy nie wystarcza wydobywanie z pamięci długotrwałej odpowiednich informacji mających charakter stereotypowy i stabilny. Konieczne jest takie opracowywanie i przetwarzanie informacji posiadanych oraz napływających, aby powstał obraz przyszłej sytuacji i wytworzył się stan gotowości do działania adekwatnego do tej przyszłej sytuacji. To przewidywanie także dotyczy co najmniej dwu rodzajów obiektów, a mianowicie znajdujących się w otoczeniu człowieka oraz samego człowieka, jego własnych stanów i to w odniesieniu do wielu różnorodnych układów funkcjonalnych, nie tylko układu mięśniowo - kostnego.

Główną zasadą funkcjonalną mechanizmów regulacyjnych niezawodnego działania jest zdolność człowieka do przeobrażania celów działania w środki działania i *vice versa*. Są to procesy różne pod względem treści psychologicznej. Myślowe przekształcanie środka w cel to próba znalezienia nadrzędnego kontekstu działania, niejako poszerzanie działania, znalezienie nowego dlań sensu. Natomiast przy przekształcaniu celu w środek mamy do czynienia z uszczegółowianiem zadań, ich podziałem na mniejsze jednostki, strukturyzowaniem działania.

W pierwszym przypadku, gdy działanie kończy się niepowodzeniem - człowiek ma poczucie utraty sensu działania, w drugim zaś - poczucie nadmiernej instrumentalności. W przypadku porażki ogarnia człowieka frustracja i ma on poczucie utraty możliwości działania. Można więc sądzić, że proces regulacji niezawodnego działania zasadza się na umiejętności adekwatnego do sytuacji przetwarzania informacji w taki sposób, aby zachować prawidłowe relacje między celem i środkami działania, a gdy zajdzie potrzeba (zmiana sytuacji) na dokonaniu restrukturalizacji powiązania między środkami a celem działania.

Powracając do problemu regulacji niezawodnego działania, wypada zapytać, w jaki sposób udaje się człowiekowi uniknąć błędów, gdyż to one właśnie są wskaźnikiem jego zawodności. Zmiana sytuacji, w których człowiek działa, może bowiem wymuszać *ad hoc* zmianę celów i odpowiednio zmianę środków działania. Kiedy więc powstaje błąd regulacji? Wydaje się, że powstaje on w następujących sytuacjach:

1. gdy w zmieniającej się sytuacji człowiek pozostaje przy uprzednio wytworzonym obrazie celu i stosuje znane i wyuczone sposoby działania,
2. gdy dostrzeższy konieczność zmiany celu działania w nowej sytuacji zmienia cel, ale pozostaje przy uprzednio wytworzonych programach czynności (np. ruchowych),
3. gdy zmiana sytuacji nie wymaga przeformułowania celu działania, lecz zmiany programu działania (tj. środków), a człowiek nie jest w stanie tego uczynić.

Niektóre potknięcia i uchybienia, występujące np. przy realizacji programów ruchów, nie niweczą szansy osiągnięcia celu, inne zaś całkowicie je niweczą. Regulacja niezawodnego działania sama więc musi być niezawodna.

Na zakończenie tych rozważań, zamiast podawania uogólnień, chcę przedstawić szereg wątpliwości dotyczących sensowności budowania owych modeli regulacji psychicznej, a zwłaszcza modelu niezawodnego działania. Argumentem przemawiającym na korzyść modelowania jest to, że mamy do czynienia z procesami nieobserwowalnymi, hipotetycznymi, a więc teoretyczna analiza tych procesów i zjawisk jest w pełni uzasadniona. Modele takie, jak wiadomo, są budowane przez neurofizjologów (K. Pribram, P.K. Anochin, N.A. Bernsztajn i in.) oraz przez psychologów (T. Tomaszewski, D.E. Broadbent, I.O. Hebb, G.A. Miller, E. Galanter, W.P. Zinzenko i in.). Są one użyteczne przy stawianiu konkretnych hipotez sprawdzanych w badaniach empirycznych, mają więc wartość heurystyczną. Ponieważ jednak jest zbyt mało faktów empirycznych potwierdzających poszczegól-

ne hipotezy sformułowane na podstawie modeli teoretycznych, istnieje niebezpieczeństwo nadmiernych spekulacji oraz wprowadzania konstruktów teoretycznych niemożliwych ani do zdefiniowania za pomocą terminów opisowych, ani do stworzenia odpowiednich wskaźników empirycznych. Budowanie modelu regulacji niezawodnego działania jest przedsięwzięciem ryzykownym także i z tego względu, że nie ma zgody co do istoty i genezy błędu. Powtórzmy pytanie postawione w rozdziale 2: Czy błąd to rozejście się wyniku i celu, czy też rozejście się celu i środka działania, który do tego celu prowadzi? Jakie są źródła owego rozejścia się, czy też braku adekwatności? Źródła te to właśnie mechanizmy regulacyjne błędu.

Powstaje jeszcze jedna wątpliwość. Model niezawodnego działania człowieka i jego regulacji psychicznej jest zadaniem dla teoretyków psychologii. Istota regulacji psychicznej to ścisły przedmiot jej badań. W praktyce zaś chodzi nie tyle o wyjaśnienie owych mechanizmów psychicznej regulacji, ile o wiedzę na temat typów błędów, które ludzie popełniają w określonych sytuacjach, oraz przyczyn możliwych do empirycznego badania. Przyczyny rozumiane są jako obserwowalne zdarzenia poprzedzające błąd. Tak praktycy rozumieją swoją rolę w zapobieganiu powstawaniu błędów jako przyczyn wypadków i katastrof. Interesują się oni głównie niezawodnością bezpieczeństwa, pozostawiając na uboczu kwestię złożoności i uwarunkowań psychologicznych, jakie występują w błędnym zachowaniu się człowieka. Słowem w teorii chodzi o wyjaśnienie zjawiska, a w praktyce o możliwość przewidywania jego wystąpienia oraz o prewencję. Jednakże zarówno przewidywanie błędów jak i zapobieganie im nie jest w pełni możliwe bez wyjaśnienia dlaczego i w jaki sposób błędy powstają oraz jak złożony jest proces psychicznej regulacji działania człowieka.

Podstawowym zastrzeżeniem wobec prób budowania modeli psychicznej regulacji działania jest różny status metodologiczny konstruktów, za pomocą których model ten się tworzy. Konstrukty te pochodzą z różnych teorii. W ramach koncepcji poznawczej wprowadza się pojęcie odzwierciedlenia obrazu rzeczywistości i jej poszczególnych elementów. Podobnie jest z pojęciem informacji, które na gruncie teorii regulacji rozumiane jest jednak jakościowo, tj. jako treść, a nie jako obojętna znaczeniowo dla człowieka liczba bitów. W ramach koncepcji energetycznych wykorzystuje się pojęcie napięcia (stresu) pochodzące z koncepcji ludzkich potrzeb oraz stanu ich zaspokojenia.

Dodatkową trudnością jest problem dostosowania modelu do odpowiedniej definicji niezawodności - opisowej lub normatywnej. Inaczej będzie się analizować poszczególne struktury i elementy funkcji procesów regulacyjnych w przypadku zdefiniowania niezawodności jako zdolności człowieka do spełniania wymagań, a inaczej w przypadku zdefiniowania niezawodności jako prawdopodobieństwa bezbłędnej pracy w określonych warunkach i w określonym czasie. Chociaż w obu przypadkach trzeba będzie określić owe wymagania.

Może więc należałoby mówić nie o jednym modelu psychicznej regulacji działania człowieka, lecz o wielu modelach? Inny będzie model niezawodnego działania w sytuacjach optymalnych, a inny w sytuacjach ekstremalnych (E.A. Milerjan 1974), inny gdy zastosujemy deterministyczne wyjaśnienia błędów człowieka, a inny gdy probabilistyczne. Być może, udałoby się stworzyć całą rodzinę modeli wyjaśniających mechanizmy regulacji niezawodnego działania i stosować je do różnych sytuacji działania człowieka.

## **5.5. Diagnoza niezawodności działania człowieka - problemy metodologiczne**

Diagnoza niezawodności działania człowieka wiąże się ściśle z tym, jaką przyjmujemy definicję niezawodności oraz definicję błędu. Zanim jednak przedstawię

problem diagnozy niezawodnego działania, sądzę, że warto poświęcić kilka słów diagnozie w ogóle.

Diagnoza to opis i wyjaśnienie jakiegoś zjawiska, procesu, mechanizmu itp. na podstawie jego przejawów. Pojęcie diagnozy psychologicznej staje się jasne po dokładnym określeniu celu badawczego (przedmiotu), jaki stawia sobie badacz, oraz celów, którym wynik diagnozowania ma służyć. Cel poznawczy oraz cel praktyczny diagnozy często są powiązane ze sobą w sposób najbardziej ścisły. Istnieją dwa zasadnicze ujęcia terminu diagnoza psychologiczna: szerokie i wąskie. Ma on również dwa znaczenia: jako proces badania i jako jego wynik. W sensie klinicznym (szerokim) diagnoza to całokształt pracy psychologa nad rozwiązaniem problemów pacjenta (zebranie informacji, postawienie hipotez, ich sprawdzenie, wywiad, obserwacja, rekonstrukcja obrazu osobowości i jej rozwoju itp.). Diagnoza w wąskim sensie to wynik postępowania badawczego nastawionego na zidentyfikowanie i wyjaśnienie zmiennych psychologicznych u jednostki (A. Frączek 1973).

W psychologii rozróżnia się więc diagnozę kliniczną i diagnozę psychometryczną, zajmującą się opisem zmiennych psychologicznych za pomocą testów spełniających określone teorią pomiaru wymagania (trafności i rzetelności). W odniesieniu do niezawodności człowieka można, jak sądzę, stosować oba typy diagnozy: kliniczną i psychometryczną. Diagnoza kliniczna dotyczy niezawodności człowieka jako przypadku (błąd jako skutek dewiacji lub zaburzeń zachowania), natomiast diagnoza psychometryczną opiera się na koncepcji probabilistycznej wyjaśniającej błędy człowieka. Słowem, niezawodność człowieka będzie przyrównana do koncepcji rzetelności pomiaru psychologicznego.

Diagnoza niezawodności działania człowieka dotyczy więc opisu i wyjaśniania błędów popełnianych w określonych warunkach, w określonym czasie i przez określonych ludzi w celu scharakteryzowania człowieka pod tym, ważnym z praktycznego punktu widzenia, względem. Może też służyć do przewidywania zachowania się człowieka w podobnych warunkach wykonywania zadań w przyszłości. Wówczas będzie się opierała na pomiarze przewidywanych cech i stanów związanych z określonym poziomem sprawności działania człowieka mierzonej liczbą potknięć i uchybień. W tym przypadku kryterium będzie sprawność mierzona liczbą błędów, a predyktorem - poziom mierzonych zmiennych psychologicznych (cech lub stanów człowieka).

Jak wiadomo, im lepsza jest teoria danego zjawiska, tym większa trafność teoretyczna narzędzia służącego do pomiaru tej cechy. Trafność i rzetelność technik diagnostycznych zależy od tego:

1. Jaki rodzaj zadań i odpowiadających im czynności jest przedmiotem analizy psychologicznej. Na przykład stosunkowo prostym zadaniem jest diagnoza niezawodności przy wykonywaniu prostych zadań sensomotorycznych, natomiast trudnym przy wykonywaniu przez człowieka czynności kierowania ruchem lotniczym lub pilotażu. Związek między niezawodnością a typem wykonywanych czynności został wyraźnie pokazany w badaniach Z. Bureśa (1979). Na przykład dwa różne rodzaje czynności operatorskich z punktu widzenia probabilistycznej charakterystyki informacji napływającej do operatora, jakimi są czynności śledzenia i czuwania, mogą być jednakowe pod względem stymulacji. W czasie wykonywania tych czynności popełniane są dwa różne typy błędów: w czasie czuwania - błędy typu fałszywy alarm, a w czasie śledzenia - przepuszczanie sygnałów<sup>26</sup>.
2. Jaki odcinek czasu bierze się pod uwagę w analizowaniu czynności z punktu widzenia niezawodności działania człowieka (np. godzina, dzień roboczy, tydzień). Jeśli będzie to krótki okres, to należy wziąć pod uwagę raczej stany człowieka, gdyż to one właśnie mogą decydować o popełnianiu błędów. Natomiast jeśli będą to dłuższe okresy to głównie należałoby brać pod uwagę

---

<sup>26</sup> Por. Z. Bureś 1979, s. 138.



cechy człowieka, a wiedzę o jego chwilowych stanach traktować jako uzupełniającą.

3. Z jakim rodzajem sytuacji będziemy mieli do czynienia, w sensie ich optymalności lub ekstremalności. Czym innym jest niezawodność człowieka, gdy wymaga się od niego działania w warunkach dostosowanych do jego możliwości, a czym innym w sytuacjach, gdy wymagania graniczą z ludzkimi możliwościami lub je przekraczają. Diagnoza niezawodności w tych dwu rodzajach sytuacji będzie się zasadniczo różniła.
4. Z jakim rodzajem relacji między człowiekiem a przedmiotem pracy (powiązanie bezpośrednie oraz pośrednie) mamy do czynienia. Diagnoza niezawodności człowieka w wielu rodzajach tradycyjnych prac może się opierać na podstawie ogólnej oceny dokonanej przez tzw. sędziów kompetentnych, diagnoza niezawodności człowieka w pracy typu operatorskiego wymaga zastosowania bardziej złożonych technik diagnostycznych uwzględniających głównie przetwarzanie informacji odbieranej za pomocą różnorodnych modeli informacyjnych sterowanych obiektów. Ocenę taką stosuje się nawet do diagnozowania niezawodności pilotów (C. Lager 1974).

Każdy z wyżej wymienionych czynników determinujących wybór technik diagnostycznych wymaga jednak analizy błędów ludzkich (pod względem ilości oraz jakości). Błędy te z kolei mogą być analizowane w ramach mniej lub bardziej spójnego schematu badawczego, przyjętego w metodologii badań psychologicznych. Przede wszystkim należy wymienić następujące wzorce badań:

*Eksperyment.* Przykładem mogą być badania tzw. skłonności do wypadków (W. Mittenacker 1962), badania niezawodności kandydatów na pilotów (E.A. Milerjan 1971, 1974, C. Lager 1974), badania niezawodności operatorów na statkach (A.J. Gubinskij i in. 1977).

*Badania typu korelacyjnego.* Prowadzi się je zwłaszcza przy określaniu trafności diagnostycznej i prognostycznej poszczególnych technik testowych. Mogą tu także wchodzić w grę badania nad samooceną niezawodności oraz jej oceną przez niezależnych obserwatorów; są one użyteczne przy analizie niezawodności człowieka w wykonywaniu tradycyjnych rodzajów prac, a w szczególności pracy polegającej na współdziałaniu z innymi lub pracy typu usługowego wobec innych, gdy ma się do czynienia ze szczególnym „przedmiotem” pracy, jakim jest inny człowiek (praca pielęgniarki, lekarza, nauczyciela).

*Badania oparte na analogii* do modeli stosowanych w technice i diagnostyce niezawodności układów technicznych. Badania takie polegają na przyjęciu redukcjonistycznych założeń odnośnie do natury człowieka, pomijaniu jego podmiotowości, świadomości i innych istotnych cech. Korzyścią takich badań jest uzyskanie porównywalnych danych ilościowych dotyczących funkcjonowania człowieka i maszyny sprzężonych w jednym układzie.

Badania za pomocą *metod statystycznych* polegające na tworzeniu banku danych o błędach człowieka i powodowanych przez niego wypadkach. Przykładem mogą być klasyczne badania K. Marbego (1926), D. Embreya (1976), J.M. Faverge'a (1972). Statystycznym modelem takich badań jest model, wedle którego określa się tzw. poziom śmiertelności niemowląt, model przypadkowego uchybienia wedle wzoru opisującego zajście zdarzeń mało prawdopodobnych oraz model tzw. zużycia się obiektu w miarę starzenia się. Defekty następują, gdy zepsuta część urządzenia nie zostanie w porę naprawiona lub zastąpiona. Podobnych statystycznie sprawdzonych analogii poszukuje się w człowieku (W.B. Askren, T.L. Regulinski 1969).

Badania *terenowe* pozwalają na zbieranie danych o konkretnych błędach popełnionych na określonych stanowiskach pracy (także błędach, które na skutek szczęśliwego zbiegu okoliczności nie doprowadziły do wypadków i awarii, czyli o tzw. nieomal wypadkach). Najczęściej stosowanymi metodami badań są w tym

przypadku: profesjografia i typologia błędów według ustalonych schematów klasyfikacyjnych. Zalicza się tu także technikę zdarzeń krytycznych J. Flanagana (1954).

Badania za pomocą tzw. *latentnych profilów* (*latent profile analysis*). Jest to metoda opisowa oparta na obiektywnej klasyfikacji testowanych zmiennych, użyteczna jedynie w przypadku, gdy mamy do czynienia z dwoma latentnymi (ukrytymi) wymiarami. U jej podstaw leży teoria struktur latentnych opracowana przez P. Lazarsfelda. Owymi wymiarami w przypadku analizy pracy pilota może być np. efektywność pracy na symulatorze lub wybrana grupa zmiennych obserwowalnych (m. in. pomiary takich zmiennych fizjologicznych jak częstość uderzeń serca na minutę, wariancja tej częstości, średnia pojemności płuc w czasie oddychania, wariancja tej wielkości), ocena przez sędziów kompetentnych (*rated reliability*): sprawności pilotażu, uwagi, dokładności, ogólnego uzdolnienia do wykonywania czynności pilotażu, wyniki szkolenia w czasie lotów, ogólna zdolność do uczenia się tego rodzaju czynności itp. Może być także brane pod uwagę zmęczenie lub poszczególne wyniki pomiarów zmiennych psychologicznych. Profile latentne były stosowane przez C. Lagera (1974) w celu określenia sylwetki tzw. „dobrego” i „złego” pilota w celu zwiększenia kontroli nad „ogniwem” ludzkim w systemie. Jest to także metoda dodatkowej selekcji pilotów po odbyciu wstępnego treningu i przyjęciu do pracy. Profile latentne służą nie tyle do diagnozy indywidualnej, ile do tworzenia typologii, a następnie przyrównywania wyników konkretnego pilota do uśrednionego profilu.

*Badania kombinowane*, będące połączeniem badań terenowych i laboratoryjnych. Taki model zastosował w analizie niezawodności działania człowieka Z. Bureš (1979).

Z punktu widzenia praktyki największe znaczenie ma diagnoza niezawodności człowieka w sytuacjach ekstremalnych, tj. wówczas, gdy wymagania przekraczają jego możliwości. Z poznawczego punktu widzenia największą wartość ma diagnoza niezawodności uzyskana w procesie badań łączonych, tj. laboratoryjno - terenowych<sup>27</sup>.

Nie bez znaczenia jest też ogólna teoretyczna orientacja badacza podejmującego się analizy niezawodności człowieka.

Psychologowie o orientacji behawiorystycznej będą patrzeć na naturę błędu ludzkiego jak na wynik uczenia się (metoda prób i błędów, zjawisko generalizacji, habituacja). B. Skinner twierdził np., że człowiek jest ofiarą swoich schematów wzmocnień.

Psychologowie o orientacji poznawczej, traktujący człowieka jako istotę spostrzegającą i interpretującą otoczenie, samego siebie oraz relacje między sobą i otoczeniem, będą analizowali błędy człowieka jako konsekwencje nietrafnego spostrzegania sytuacji, samego siebie i innych ludzi. Będą się więc zajmowali błędami atrybucji w procesie oceniania oraz artefaktami.

Psychologowie postaci zajmą się analizą błędów spostrzegania przedmiotów i zjawisk otoczenia jako iluzji, które stanowią określone prawidłowości, uwarunkowane strukturą narządów zmysłów człowieka.

<sup>27</sup> Chcąc udowodnić, że można zmierzyć niezawodność człowieka i zastosować do analizy niezawodności układu człowiek-obiekt techniczny. W.B. Askren i T.L. Regulinski (1969) zaproponowali metodę pomiaru czasu, jaki upływa do popełnienia przez operatora pierwszego błędu w czasie wykonywania 30 - minutowego zadania czuwaniowego (reagowanie na przypadkowo pojawiające się w tym czasie bodźce). Wyróżniono błędy typu fałszywy alarm oraz opuszczenie. Mierzono czas do chwili pojawienia się każdego z tych typów błędów oddzielnie oraz łączny czas do chwili pojawiania się obu typów błędów. Poszukiwano najbardziej odpowiedniego modelu matematycznego do opisu tych danych empirycznych. Próbowano zastosować rozkłady: Weibulla, Gamma, normalny oraz ekwipotencjalny. Dwa ostatnie odrzucono jako nieadekwatne. Uznano, że takie procedury są użyteczne jako dane wyjściowe do dalszej współpracy z technikami przy matematycznym modelowaniu niezawodności całego układu, o ile człowiek pełni w nim funkcje polegające na czuwaniu lub podobne, o charakterze ciągłych zadań percepcyjno - motorycznych.

Psychologowie głębiej skupiają uwagę na błędach jako skutkach ukrytych przeżyć emocjonalnych człowieka. Z. Freud (1923) oparł psychoanalizę na analizie błędów, które wyjaśnił mechanizmami tkwiącymi w podświadomości człowieka.

W psychologii pracy i prakseologii istnieją koncepcje człowieka spolegliwego (T. Kotarbiński 1970); jest to jednak widzenie człowieka spełniającego swoje zadania w sytuacjach stabilnych. F. Taylor widział niezawodność człowieka jako funkcję powtarzalności, stereotypowości, zautomatyzowania i stabilności warunków pracy. W tym ujęciu zmiany zachodzące w rozwoju narzędzi i systemach produkcji są głównym źródłem zawodności człowieka. Czym innym jest bowiem niezawodność człowieka w warunkach stabilnych, a czym innym w warunkach wzrastających wymagań odnośnie do szybkości i dokładności działania. Pytanie, jak zapewnić niezawodność człowieka, jest pytaniem o to, jaka jest możliwość stworzenia sytuacji stabilnych i czy w ogóle sytuacje takie występują w środowisku pracy. Obecnie wiadomo, że nie da się utrzymać stabilności układów złożonych i nie ma zadań stabilnych we współczesnym przemyśle. Chodzi więc o stworzenie koncepcji niezawodności człowieka pracującego nie w warunkach stabilnych, lecz w warunkach zmiennych, tj. o utrzymanie stałości człowieka w zmieniających się warunkach. Jest to zadanie bardzo trudne, zwłaszcza, gdy zmiany zachodzą, ogólnie biorąc, w sytuacjach ekstremalnych.

W psychologii pracy poglądy na to, czym jest człowiek w procesie pracy, w sytuacji narastającej zmienności i złożoności jej warunków, podlegały stopniowej modyfikacji. Początkowo człowiek był traktowany jak „automat” (F. Taylor), potem jak „ogniwo” złożonego systemu technicznego, następnie jak „przedstawiciel gatunku” w ergonomii starającej się dostosować maszyny i urządzenia do tzw. średniego, przeciętnego, użytkownika. Wreszcie człowiek zaczął być traktowany jako oddzielna jednostka (indywiduum), którą należy traktować ze szczególną wnikliwością - nie tylko jako przedstawiciela gatunku, lecz także jako nosiciela unikalnych cech («B.F. Łomow, W.F. Wienda, J. M. Zabrodin 1980).

Tak więc, w zależności od tego, jaką orientację teoretyczną oraz jaką koncepcję człowieka pracującego przyjmujemy, inaczej będziemy analizować błędy człowieka, poszukiwać źródeł, wyjaśniać mechanizmy ich powstawania.

Przed przystąpieniem do bardziej szczegółowej charakterystyki poszczególnych technik diagnostycznych niezawodności człowieka - kilka uwag natury ogólnometodycznej.

Przed wszystkim przystępując do formułowania jakichkolwiek hipotez dotyczących niezawodności człowieka w pracy należy uwzględnić dotychczasowy dorobek psychologii w dziedzinie wyjaśniania mechanizmów regulacyjnych zachowania się człowieka. Należy także wykorzystać dotychczasową wiedzę psychologiczną o niezawodności człowieka, choć wiadomo, że wiedza ta nie jest doskonała, że więcej w niej luk prowokujących pytania, niż udowodnionych twierdzeń. Dalszym postulatem godnym zalecenia jest uwzględnienie rozwijanego współcześnie podejścia interakcyjnego w badaniach, tj. takiego, które zajmuje się badaniem nie izolowanych zmiennych (odnoszących się do człowieka czy do sytuacji), lecz analizą interakcji między tymi dwiema grupami zmiennych.

### **5.5.1. Pomiar niezawodności człowieka**

Pomiar niezawodności człowieka w pracy opiera się na danych pochodzących z obserwacji lub zapisów wszelkiego rodzaju potknięć, uchybień, usterek zachowania się człowieka.

W zależności od celu, jakiemu mają służyć wyniki diagnozy niezawodności (np. zmniejszenie liczby wypadków, podział funkcji między człowieka i maszynę, dobór operatorów do pracy na stanowiska niebezpieczne), analizuje się odpowiednie kategorie błędów w wybranych typach sytuacji i na odpowiednich stanowiskach pracy. W celu przeprowadzenia bardziej pogłębionej analizy przyczyn mo-

deluje się sytuacje naturalne w laboratorium i poleca wykonanie najbardziej „zagrożonych” błędami czynności, rejestrując jednocześnie stany człowieka, dynamikę zmian sprawności, dokonując pomiaru różnorodnych sprawności psychicznych (cech). Zawsze jednak najważniejszą kwestią pozostaje pomiar zmiennej zależnej, tj. niezawodności. Pomiar taki wymaga określenia wskaźników niezawodności, których poziom można byłoby bezpośrednio określać, tj. dokonywać pomiaru<sup>28</sup>.

Możliwe są następujące podejścia metryczne:

1. *Stosowanie skal szacunkowych* (wersja obserwacyjna i samoobserwacyjna, np. przy określaniu poczucia własnej niezawodności) oraz dyferencjałów semantycznych typu dyferencjał Osgooda.
2. *Zliczanie błędów, potknięć, uchybień itp.* zarówno w bezpośredniej obserwacji czy rejestracji w momencie ich popełnienia, jak i *ex post* za pomocą rekonstrukcji, analizy dokumentacji, przypominania sobie błędów własnych j błędów popełnianych przez kolegów (P.M. Fitts i R.E. Jones 1947, D. Meister 1973).
3. *Zbieranie danych o potencjalnych błędach* na podstawie wypowiedzi osób obsługujących dane urządzenie lub maszynę, przez wypytywanie, w jakich okolicznościach dany pracownik lub jego kolega popełnił niebezpieczny błąd. Jest to zastosowanie metody zdarzeń krytycznych J. Flanagan do przewidywania zdarzeń podobnych.
4. *Analiza czasowych przebiegów czynności*, szczególnie ważnych w strukturze działania całego układu, w którym człowiek jest jednym z ogniw, w celu ustalenia stosunku tzw. optymalnego tempa wykonywania tych czynności do tempa indywidualnego. Różnica między tempem optymalnym a indywidualnym może prowadzić do tzw. deficytu czasu, powodując błędy w pracy (Z. Bureš 1979).
5. *Pomiar obciążenia psychicznego operatora* w określonych sytuacjach pracy za pomocą takich technik, jak specjalnie skonstruowane testy psychologiczne, metoda zadań dodatkowych oraz za pomocą takich technik fizjologicznych, jak reakcja skórno - galwaniczna, częstość oddechu, częstość zlewania się migotań świetlnych, czas reakcji oraz częstość uderzeń serca.
6. *Pomiar subiektywnych stanów człowieka*, takich jak poczucie zmęczenia, monotonii, znużenia, napięcie psychiczne, itp. (Z. Ratajczak 1980, Z. Ratajczak, I. Gibalska 1982).
7. *Analiza indywidualnych cech człowieka*, takich jak odporność na zakłócenia, wydolność organizmu, tolerancja na stres itp. (W.D. Niebylicyn 1969, C. Lager 1974).

Z powyższego wyliczenia wynika, że techniki służące do pomiaru niezawodności dzielą się na obiektywne i subiektywne, ze względu na rodzaj skali pomiarowej. Na przykład pomiar czasu reakcji jako wskaźnik szybkości procesów psychicznych związanych z przetwarzaniem informacji będzie miał wysoką wartość metryczną ze względu na możliwość zastosowania skali stosunkowej. Podobnie jest, gdy będziemy mierzyli szybkość przetwarzania informacji w bitach na sekundę. Natomiast skala subiektywnego zmęczenia będzie się charakteryzowała stosunkowo niską wartością metryczną (skala porządkowa).

<sup>28</sup> Dane uzyskane przez C. Lagera (1974) przy badaniu niezawodności pilotów sugerują, że kontrola niezawodności człowieka w układzie jest nie tylko konieczna, lecz także możliwa. Podstawą takiej kontroli powinien być funkcjonalny opis zachowania się operatora w sytuacjach lotu symulowanego. Wyniki pomiarów fizjologicznych można przekształcić w narzędzia psychodiagnostyczne, a więc umożliwić prognozowanie zachowania się pilota w warunkach lotu rzeczywistego.

Wymienione wyżej techniki służą do zbierania danych, które następnie muszą być przetworzone, aby można było stosować je jako wskaźniki niezawodności działania człowieka. Przetworzenie to polega na szacowaniu prawdopodobieństw popełnienia błędów na podstawie danych statystycznych dotyczących częstości ich występowania.

### 5.5.2. Wskaźniki niezawodności

Dotychczas w badaniach nad niezawodnością człowieka próbowano stosować wskaźniki opracowane w dziedzinie nauk technicznych oparte na teorii prawdopodobieństwa. Ich zastosowanie wymaga określenia następujących wielkości charakteryzujących pracę człowieka<sup>29</sup>:

- średni czas między dwoma uchybieniami w pracy (błędami),
- ogólna liczba błędów popełnionych w danym odcinku czasu,
- procent poprawnie wykonanych zadań w danym odcinku czasu.

Według B.F. Łomowa (1977) głównymi wskaźnikami ilościowymi niezawodności człowieka są: wskaźnik bezbłędności, gotowości, restytucji oraz aktualności (adekwatności czasowej działania operatora). Omówimy je kolejno.

Wskaźnik *bezbłędności* to prawdopodobieństwo bezbłędnej pracy operatora, które można wyznaczyć w odniesieniu do wyróżnionej operacji oraz do całego algorytmu czynności. Wskaźnik ten wyraża się następującym wzorem:

$$P_j = \frac{N_j - n_j}{N_j}$$

gdzie:  $P_j$  - prawdopodobieństwo bezbłędnego wykonania operacji;  $N_j$  - ogólna liczba wykonanych operacji;  $n_j$  - liczba popełnionych błędów.

$$K = 1 - \frac{T_0}{T'}$$

Wskaźnik *gotowości* operatora to prawdopodobieństwo włączenia się operatora do działania w dowolnym momencie:

gdzie:  $K$  — wskaźnik gotowości;  $T_0$  — czas wyłączenia się operatora z pracy, jego nieobecności w danym okresie na danym stanowisku pracy;  $T'$  — całkowity czas pracy operatora.

Wskaźnik *restytucji* wiąże się z możliwością samokontroli operatora i dokonywania poprawek w działaniu. Wskaźnik ten wyraża się prawdopodobieństwem poprawienia popełnionych przez operatora błędów:

$$P_{pop} = P_k \cdot P_{wyk} \cdot P_{p'}$$

gdzie:  $P_{pop}$  - prawdopodobieństwo włączenia się operatora do działania po pojawieniu się błędu w celu jego skorygowania;  $P_k$  - prawdopodobieństwo wysłania sygnału przez mechanizm kontrolujący;  $P_{wyk}$  - prawdopodobieństwo wykrycia przez operatora sygnału pochodzącego z urządzenia kontrolującego;  $P_{p'}$  - prawdopodobieństwo skorygowania błędnych operacji przy powtórnych ich wykonaniu.

<sup>29</sup> Por. W.D. Niebylicyn 1969, s. 49, B.F. Łomow 1977, s. 211-215.

Wskaźnik *aktualności* (adekwatności czasowej działania operatora) wprowadza się ze względu na fakt, że poprawne, lecz wykonane w niewłaściwym czasie, działanie nie prowadzi do celu. Wiadomo, że często na wykonanie określonych operacji przeznaczona jest ściśle określona czas. Jego przekroczenie uważa się za błąd. Wskaźnik adekwatności czasowej operatora wyraża się prawdopodobieństwem wykonania zadań w czasie  $\tau < t_l$ . Wyraża się ono wzorem:

$$P_a = P\{\tau < t_l\} = \int_0^{t_l} f(\tau) d\tau$$

gdzie:  $P_a$  —prawdopodobieństwo aktualności;  $f(\tau)$  - funkcja czasowego rozkładu wykonania zadania przez operatora.

Wzór ten ma zastosowanie wówczas, gdy  $t_l$  jest wielkością stałą.

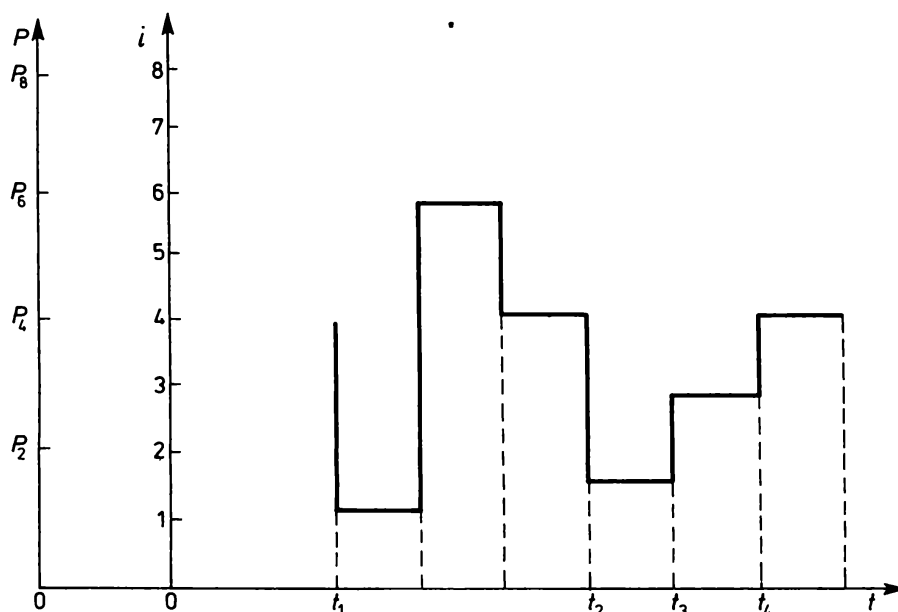
Przy określaniu niezawodności całego układu muszą być spełnione następujące warunki:

1. Wskaźniki mają być jednakowe dla wszystkich ogniw układu. W miarę możliwości należy wykorzystać aparat matematyczny stosowany w naukach technicznych w teorii niezawodności. Należy jednak wyraźnie zaznaczyć, które wielkości we wzorach dotyczą człowieka, a które pozostałych ogniw układu.
2. Człowieka należy traktować jako bardzo specyficzne ogniwo układu, wobec którego techniczna teoria niezawodności ma ograniczone zastosowanie.

Jako podstawowy i najważniejszy wskaźnik niezawodności całego układu należy przyjąć prawdopodobieństwo bezbłędnej pracy układu, określone jako suma prawdopodobieństwa bezbłędnej pracy człowieka, pracy technicznych ogniw oraz ich wzajemnego wpływu na siebie.

Stosując wyżej wymienione wskaźniki niezawodności w odniesieniu do człowieka należy pamiętać, że ta jego cecha nie jest wielkością stałą, lecz zmienia się w miarę upływu czasu, jest uwarunkowana zmianami zachodzącymi w otoczeniu oraz w samym człowieku. Dlatego przy określaniu niezawodności człowieka w każdym przypadku należy wybrać określony czynnik, najbardziej charakterystyczny dla danego rodzaju czynności. Z każdym z tych czynników związany jest określony stan układu człowiek-urządzenie techniczne i dla każdego z tych stanów należy określić konkretne znaczenie badanego wskaźnika niezawodności operatora. Tak więc, wskaźnik niezawodności jest dyskretną wartością przypadkową, w niezbyt wyraźny sposób zależną od czasu i od określonych warunków działania. Układ może przyjmować stany:  $i_1, i_2, \dots, i_n$ . W każdym z nich niezawodność operatora przyjmuje stany:  $P_{op1}, P_{op2}, P_{op3} \dots P_{opn}$ .

Na przykład w interwale  $0 - t_1, t_2 - t_3, t_3 - t_4$  (rys. 5.3) układ człowiek-obiekt techniczny znajduje się w stanie  $i = 4$ . Stan ten jest uwarunkowany działaniem czynników decydujących



Rys. 5.3. Dynamika zmian stanów układu człowiek-obiekt techniczny

Źródło: B.F. Łomow 1977

o niezawodności pracy operatora, która w tym czasie równa się  $P_{op4}$ . Przy działaniu innych czynników układ znajduje się w innych stanach i każdemu z nich odpowiada określona wartość niezawodności operatora.

Przy uwzględnianiu przyjętych wcześniej założeń, wartość prawdopodobieństwa bezbłędnej pracy operatora wynosi:

$$P_{op} = \sum_{i=1}^n P_i P_{op|i}$$

gdzie:  $P_i$  - prawdopodobieństwo wystąpienia  $i$ -tego stanu układu;  $P_{op|i}$  - prawdopodobieństwo bezbłędnej pracy operatora w  $i$ -tym stanie;  $n$  - liczba rozpatrywanych stanów układu.

Prawdopodobieństwo  $P_i$  w wielu przypadkach udaje się określić za pomocą matematycznych metod teorii masowej obsługi, a prawdopodobieństwo  $P_{op|i}$  (warunkowe) można otrzymać eksperymentalnie (B.F. Łomow 1977).

Godną odnotowania próbę pomiaru niezawodności przedstawił E.A. Milerjan (1971). Na podstawie obserwacji wyróżnił on trzy rodzaje sytuacji, w których przebiega praca operatora, które stawiały różne wymagania odnośnie do możliwości przetwarzania informacji przez człowieka. Te trzy sytuacje nazwał reżimami pracy operatora; wyróżnił tzw. reżim minimalnych obciążeń, reżim optymalny oraz reżim ekstremalny.

*Reżim minimalnych obciążeń* występuje w procesie sterowania sprawnym, wysoko zautomatyzowanym układem, gdzie operator nie wykonuje ruchów sterowniczych. W pracy tej występuje monotonia, która prowadzi do obniżenia czujności, powoduje stany hipnotyczne, w wyniku czego następuje zerwanie związku między obserwowaną sytuacją a jej myślowym uogólnieniem. To z kolei prowadzi do wydłużania czasu podejmowania decyzji oraz czasu reagowania na sygnały awaryjne. Istnieje więc duże prawdopodobieństwo awarii lub katastrofy. Praca w reżimie minimalnych obciążeń może spowodować nawet całkowite wyłączenie się operatora z toku pracy (sen, paraliżujący strach, omdlenie itp.).

*Reżim optymalny* polega na tym, że operator przy sprawnej maszynie wykonuje czynności śledzenia bieżących stanów zmieniającego się obiektu oraz dokonuje korekcji i regulowania poszczególnych parametrów jego funkcjonowania. Ma on do czynienia ze zwykłymi sytuacjami, jego praca przebiega w dowolnym tempie, wymaga nawykowych sposobów reagowania na pojawiające się sygnały. Czynności stereotypowe są ściśle zaprogramowane, myślenie ma charakter algorytmiczny. Przy wykonywaniu nawykowych czynności operator nie musi koncentrować uwagi. Cele działania osiągane są bez szczególnego napięcia nerwowego. Sprawność w pracy może być zachowana przez dłuższy okres, nie występują poważniejsze uchybienia w pracy. Praca w reżimie optymalnym charakteryzuje się wystarczającym stopniem niezawodności i efektywności. Może ją wykonać każdy dobrze wyszkolony operator.

*Reżim ekstremalny* to reżim stawiający wysokie wymagania każdej sferze psychiki człowieka (intelektualnej, emocjonalnej i motywacyjnej), zwłaszcza w odniesieniu do czynników wolicjonalnych. Praca w tym trybie przebiega w bardzo złożonych warunkach, istnieje duże prawdopodobieństwo pojawienia się sytuacji nowych, nieoczekiwanych i niebezpiecznych. Niezbędne są umiejętności osiągnięcia celów w ciągle zmieniających się warunkach, niezbędne jest twórcze myślenie. Nawyki jako zautomatyzowane formy czynności także grają tu dużą rolę, ale są podporządkowane umiejętnościom plastycznego zachowania się w sytuacjach trudnych. Normalne wykonywanie czynności przewidzianych w tym reżimie uzyskuje się dzięki zwiększonemu wysiłkowi, poczuciu wyjątkowej odpowiedzialności za błędy, uchybienia, odroczenie reakcji itp., które prowadzą do poważnych konsekwencji w postaci wypadków, awarii itp. W toku pracy zakłóceniu ulega dynamika pracy i wypoczynku. Długotrwałe psychiczne i fizyczne obciążenie w skrajnej postaci objawia się wyczerpaniem nerwowym i całkowitym wyłączeniem się z toku pracy. Szczególnej wagi nabierają tu takie cechy osobowości, jak wytrwałość, odporność na zakłócenia, znaczne poczucie odpowiedzialności. To one w głównej mierze determinują niezawodność pracy operatora i całego układu.

E.A. Milerjan proponuje, aby miarą niezawodności operatora był optymalny poziom sprawności pracy w warunkach ekstremalnych. Podejście to pozwala na ilościową ocenę niezawodności przez porównanie wskaźników sprawności w reżimie optymalnych obciążeń oraz maksymalnych obciążeń.

Wzory na współczynniki niezawodności można uzyskać empirycznie w różny sposób i dla każdego etapu pracy operatora oddzielnie. Na przykład niezawodność funkcjonowania człowieka przy wykonywaniu czynności sensomotorycznych można zmierzyć obliczając tzw. współczynnik śledzenia - stosunek ogólnego czasu bezbłędnych czynności do ogólnego czasu wykonywania danego programu. Jako wskaźnik funkcji intelektualnych można zastosować stosunek błędnych i bezbłędnych operacji intelektualnych (patrz wzór (5.5)).

E.A. Milerjan proponuje ponadto, aby metodyka niezawodności operatora uwzględniała porównanie pracy danego operatora w dwu reżimach: optymalnym i ekstremalnym oraz aby praktyczne wnioski także dotyczyły zmian w obu wymienionych reżimach.

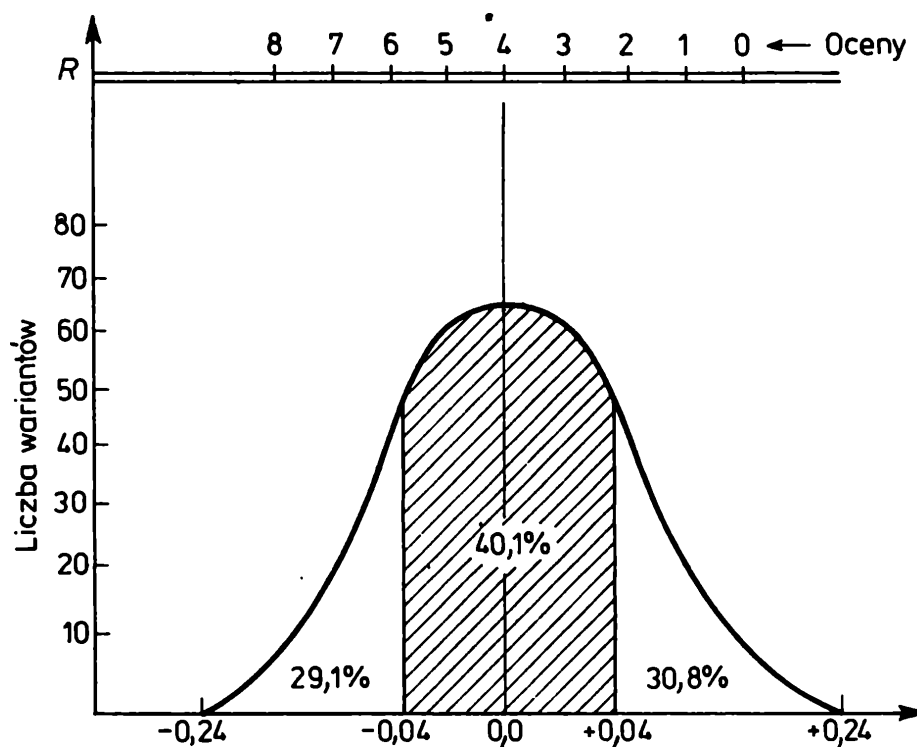
Badania E.A. Milerjana, na podstawie których wysnuwał wnioski dotyczące samej koncepcji niezawodności człowieka, były prowadzone z zastosowaniem specjalnie skonstruowanego aparatu, tzw. emokoordynometru (szczegółowy opis znajduje się w artykule: E.A. Milerjan 1971). W badaniach uczestniczyło 198 kandydatów na pilotów. Zadaniem każdego z nich było wykonanie 5 specjalnych ćwiczeń w reżimie optymalnym i 5 w reżimie ekstremalnym. Rejestrowano ogólny czas wykonania każdego ćwiczenia, czas śledzenia oraz czas zużyty na wykonywanie błędnych czynności. Wnioski dotyczące poziomu niezawodności każdej z badanych osób wysnuwano na podstawie porównania średniego współczynnika efektywności śledzenia przy wykonywaniu 5 ćwiczeń w warunkach optymalnych  $r(o)$  i 5 ćwiczeń w warunkach ekstremalnych  $r(e)$ . Współczynnik niezawodności obliczano według wzoru:



$$R = r(e) - r(o)$$

gdzie:  $R$  - współczynnik niezawodności operatora;  $r(e)$  - współczynnik niezawodności w warunkach ekstremalnych;  $r(o)$  - współczynnik niezawodności w warunkach optymalnych.

Analiza rys. 5.4. wskazuje, że badane osoby dzielą się na



Rys. 5.4. Krzywe rozkładu zmiennych  $R$  (niezawodności) Źródło: E.A. Milerjan 1971

trzy grupy. Grupa pierwsza (40,1%) to osoby, których niezawodność przy przejściu z reżimu ekstremalnego do reżimu optymalnego nie zmieniła się i różnica między współczynnikiem  $r(e)$  oraz współczynnikiem  $r(o)$  mieści się w granicach  $\pm 0,04$  (na rys. 5.4. pole zakreskowane). Grupa druga (29,1%) to grupa, która przy przejściu z pracy w reżimie ekstremalnym do pracy w reżimie optymalnym wykazała niższą sprawność; różnica między  $r(e)$  oraz  $r(o)$  miała wartość ujemną, a w wartości bezwzględnej wynosiła ponad 0,04. Do grupy trzeciej (30,8%) zaliczono osoby, których sprawność w sytuacji ekstremalnej wzrosła. Różnica ta przewyższała wartość 0,04 i miała znak dodatni (tabela 5.1).

Jak widać z rys. 5.4. i jak wynika z tabeli 5.1, uzyskano ośmiostopniową skalę, która w zależności od wartości  $R$ , jaką uzyskuje badana osoba, pozwala określić ocenę jej niezawodności w ekstremalnym reżimie pracy. Oczywiście jest, że ocena taka odnosi się tylko do czynności sensomotorycznych, gdyż tylko przy wykonywaniu takich czynności

Tabela 5.1. Skala ocen niezawodności operatora przy wykonywaniu czynności sensomotorycznych

| Wartość R      | Ocena |
|----------------|-------|
| 0,18 i więcej  | 8     |
| 0,17 — 0,11    | 7     |
| 0,10 — 0,5     | 6     |
| 0,4 — 0,0      | 5     |
| 0,0 — -0,4     | 4     |
| -0,5 — -0,10   | 3     |
| -0,11 — -0,17  | 2     |
| - 0,18 i mniej | 1     |

były zaangażowane badane osoby. Do obliczenia globalnego współczynnika niezawodności konieczne byłoby przeprowadzenie oddzielnych eksperymentów i zastosowanie wzoru na średnią ważoną ocen dla każdego rodzaju czynności oddzielnie:

$$W(0) = \frac{K_1 V_1^0 + K_2 V_2^0 + \dots + K_i V_i^0}{i}$$

gdzie:  $W(o)$  — ogólna ocena niezawodności człowieka w stopniach;  $K_1, K_2, \dots, K_{ti}$  — wagi rozpatrywanych czynności (np. sensomotorycznych, intelektualnych);  $V^0_1, V^0_2, \dots, V^0_i$  — ocena niezawodności (w stopniach) każdej czynności;  $i$  — liczba składowych czynności.

Jak się wydaje, dalszy postęp w eksperymentalnym ustalaniu współczynników niezawodności człowieka wiąże się z opracowaniem metod określania klasy niezawodności każdego systemu technicznego w stosunku do uśrednionych wartości charakteryzujących zakres możliwości operatora. Gdyby udało się na jednej skali określić klasę układu technicznego oraz klasę operatora, zadanie optymalnego dostosowania tych dwu elementów byłoby rozwiązane. Ogólnie biorąc, im wyższa klasa układu technicznego, tym mniejsze wymagania stawiane operatorowi pod względem niezawodności, i *vice versa*.

Przedstawienie próby pomiaru niezawodności człowieka w opisany wyżej sposób może napawać pewnym optymizmem, jednak jest to optymizm ograniczony. Problem pomiaru niezawodności człowieka w istocie jest tak złożony i tak odmienny od problemu pomiaru niezawodności układów technicznych, że trzeba wykonać znacznie więcej badań, zarówno laboratoryjnych jak i terenowych, aby przybliżyć się do jego rozwiązania. Jedną z dróg jest znalezienie adekwatnych metod matematycznego opisu procesów oraz zdarzeń zachodzących zarówno pod wpływem aktywności człowieka jak i niezależnych od jego zachowania się w układzie technicznym (J.M. Faverge 1972, D. Embrey 1976).

## 6. ZASTOSOWANIE W PRAKTYCE WIEDZY O NIEZAWODNOŚCI CZŁOWIEKA

Przechodząc do omówienia praktycznych zastosowań wiedzy o niezawodności człowieka warto poświęcić trochę uwagi problemowi zastosowania wiedzy w ogóle. Wyłania się tu problem transformacji wiedzy. Oznacza to, że wyniki badań czy to w postaci twierdzeń, czy stwierdzonych faktów empirycznych, muszą być odpowiednio przetworzone, aby mogły być pomocą przy rozwiązywaniu określonych zadań natury praktycznej. Także wówczas, gdy powstają pytania w praktycznej działalności człowieka, należy je odpowiednio przetworzyć, przełożyć wedle określonych reguł tak, aby się stały problemami naukowymi. Nigdy nie ma bezpośredniego sprzężenia między nauką a praktyką, jak to niekiedy naiwnie próbuje się przedstawiać. Trudności w transformacji wiedzy są wynikiem samej natury wiedzy (sama w sobie może być bardzo złożona), natury zagadnień praktycznych, jak również trudności w komunikowaniu się przedstawicieli nauki z przedstawicielami praktyki. Obie te grupy wypracowały sobie odmienne języki, pojęcia i wyobrażenia o wybranym wycinku rzeczywistości.

Aby w sposób najbardziej ogólny przedstawić schemat zastosowania wiedzy naukowej w praktyce, należałoby wymienić trzy podstawowe elementy:

- wiedzę naukową (twierdzenia, fakty, zależności itp.);
- dyrektywy praktyczne (zdania typu: „jeżeli jest tak a tak, to należy działać tak a tak” lub Jeżeli jest tak a tak, to nie należy działać w określony sposób”, tzn. wskazówki lub przestrogi);
- działanie praktyczne (wykonywanie czynności przekształcających jakiś fragment otoczenia, realizowanie zadań własnych lub zadań zleconych przez innych).

Otóż proces transformacji wiedzy, przekształcania twierdzeń w dyrektywy praktycznego działania wymaga rozstrzygnięcia co najmniej dwu pytań. Pytanie o wartość celów, którym ma służyć owa wiedza, co w przypadku nauk społecznych, a w szczególności nauk o człowieku, jest kwestią nieobojętną także z etycznego punktu widzenia oraz o to czy istnieją środki pozwalające ową wiedzę prawidłowo zastosować. Może się bowiem zdarzyć, że nawet wówczas, gdy cele zastosowania wiedzy są społecznie wartościowe, ograniczone możliwości jej stosowania mogą przynieść więcej szkody niż pożytku. Pewne projekty oparte na wynikach badań należy wdrożyć w całości, aby otrzymać widoczne rezultaty praktyczne. Brak środków może zniweczyć nawet najlepsze zamiary i nawet najbardziej rzetelną wiedzę uczynić bezwartościową.

Pamiętając o tym, spróbujmy rozpatrywać problem zastosowania wiedzy psychologicznej o niezawodności człowieka jako problem otwarty, dyskusyjny, daleki od ostatecznych rozstrzygnięć. Przede wszystkim należy zauważyć (co czyniłam już wielokrotnie w tej książce), że wiedza o niezawodności człowieka ma krótką historię, że znajduje się w stadium formowania się, a rozproszone wyniki wymagają syntezy. Nie ma tu twierdzeń sprawdzonych i udowodnionych, przeważają hipotezy, propozycje teoretyczne, postulaty badawcze itp. Stąd pytanie, czy wobec takiego stanu rzeczy w ogóle podejmować próby wdrożenia do praktyki tej niedoskonałej wiedzy, czy nie spowoduje to perturbacji w działaniu systemów technicznych, w których człowiek odgrywa rolę ogniwa najważniejszego? Odpowiedź przy wszystkich tych zastrzeżeniach jest twierdząca.

Pomijanie tej wiedzy lub jej ignorowanie byłoby niewybaczalnym błędem, o czym starałam się przekonać czytelnika we wstępie do niniejszej pracy. Błąd

ten polegałby na niewykorzystaniu wiedzy o unikalnych właściwościach człowieka. Wiadomo bowiem, że w określonych sytuacjach nawet niepełna i fragmentaryczna wiedza o człowieku może przyczynić się do zapobieżenia awariom maszyn i urządzeń, a nawet całych systemów technicznych i organizacyjnych, do zmniejszenia liczby wypadków i katastrof oraz do ogólnego wzrostu bezpieczeństwa pracy człowieka. Trzeba pamiętać, że różne fragmenty wiedzy o niezawodności człowieka różnią się pod względem poziomu trafności i rzetelności, oferują też różne możliwości praktycznego zastosowania. Czasem jest to zastosowanie bardzo pośrednie, np. zastosowanie wiedzy na temat mechanizmów regulacji niezawodnego działania człowieka, czasem zaś jest to zastosowanie bezpośrednie, np. wiedzy o czynnościach sensomotorycznych prostych i wykonywanych w sposób ciągły.

Wiedza o cechach człowieka w aspekcie jego możliwości (zwłaszcza wiedza o cechach temperamentalnych) jest szczególnie przydatna do tworzenia predyktorów niezawodnego działania, a w konsekwencji do stworzenia technik psychodiagnostycznych służących do doboru ludzi na stanowiska trudne i niebezpieczne. Wiedza o stanach człowieka w sytuacjach trudnych jest niezbędna jako predyktor zachowania się polegającego na utrzymaniu stałości owych stanów w sytuacji zmian w otoczeniu wywołujących napięcie emocjonalne. Wiedza o tempie nabywania wprawy przy wykonywaniu różnych czynności może być przydatna do tworzenia programów doskonalenia umiejętności unikania błędów.

Wreszcie wiedza o całokształcie subiektywnych uwarunkowań niezawodnej pracy człowieka jest niezbędna przy projektowaniu właściwego środowiska pracy, zwłaszcza przy projektowaniu układu człowiek-obiekt techniczny, czy człowiek-stanowisko pracy. To praktyczne zastosowanie wiedzy o niezawodności wydaje się najbardziej oczywiste, ale i najbardziej złożone. W tym właśnie przypadku wiedza psychologiczna, aby mogła być zastosowana w praktyce, musi być poddana dodatkowym zabiegom transformacyjnym, nawet pewnym uproszczeniom.

W tym rozdziale przedstawię problemy związane z zastosowaniem wiedzy o niezawodności człowieka w trzech następujących dziedzinach działalności praktycznej:

1. W dziedzinie psychologicznego doboru do pracy na stanowiskach trudnych i niebezpiecznych (w większości typu operatorskiego).
2. W dziedzinie *kształcenia*, zwłaszcza w zakresie umiejętności samokontroli i samokorekcji w procesie pracy w celu zwiększenia własnej niezawodności.
3. W dziedzinie *projektowania* technicznego, uwzględniającego możliwości i ograniczenia człowieka, a zwłaszcza w dziedzinie właściwego podziału funkcji między człowieka i pozostałe ogniwa układu technicznego.

## **6.1. Dobór pracowników na trudne i niebezpieczne stanowiska pracy**

Z opisów i analizy pracy wynika, że około 20% stanowisk pracy to stanowiska trudne i niebezpieczne, choć również wiadomo, że nie wszystkie stanowiska są przedmiotem wnikliwych analiz psychologicznych. Zwykle analizom takim są poddawane te stanowiska pracy, o których skądinąd wiadomo, że są krytyczne, że na nich właśnie zdarza się najwięcej wypadków i awarii oraz mają miejsce zdarzenia, które można nazwać niemal wypadkami. W większości są to stanowiska typu operatorskiego, które zostały podzielone na trzy główne kategorie i scharakteryzowane w podrozdziale 5.1. Tutaj będzie ogólnie mowa o problemach doboru na takie właśnie stanowiska.

Powszechnie przyjęte jest, że na stanowiska pilotów, maszynistów kolejowych, dyżurnych ruchu, dyspozytorów centralnych elektrowni, operatorów w zakładach chemicznych, maszynistów wyciągowych w kopalniach, nawigatorów na statkach itp. przyjmuje się osoby charakteryzujące się szczególnymi cechami: wysoką wydolnością, odpornością na zakłócenia i stresory, szybkością spostrzegania, inteligencją, sprawną pamięcią i wysoką zdolnością do koncentrowania uwagi. Chodzi przy tym nie tylko o mozaikę tych cech, o sprawdzenie w diagnozie psychologicznej poziomu poszczególnych sprawności, lecz także o diagnozę takiej ich struktury, która w największym stopniu pozwala przewidywać sprawność oraz niezawodność w pracy.

Niestety, nie opracowano dotychczas testów diagnozujących aktualny poziom niezawodności człowieka. Stosuje się więc wybrane techniki diagnostyczne służące do ogólnej diagnozy psychologicznej, np. testy osobowości Eysencka I -E, test Rottera *Locus of Control*, test Jeanette Tylor do badania lęku jako cechy czy test temperamentu J. Strelaua (por. B. Bazylewicz - Walczak 1985).

Do stałego repertuaru technik diagnozujących pracę operatorów dyspozytorni wchodzi testy temperamentu (M.K. Guriewicz 1970, T. Klonowicz 1984, B. Bazylewicz-Walczak 1985). Do diagnozowania niezawodności pilotów stosuje się technikę aparatuową, tzw. emocjokoordynometr pozwalający badać nie tylko funkcje sensomotoryczne, lecz także sprawność intelektualną, emocjonalną i motywacyjną (E.A. Milerjan 1974). Podkreśla się często, że stosowanie jedynie papierowych technik testowych w krótkotrwałych próbach jest niewystarczające do określenia niezawodności człowieka, gdyż nie pozwala na poznanie dynamiki zmian sprawności w pracy. Uważa się także, że dobór kandydatów do szkolenia powinien opierać się na krótkotrwałych próbach diagnozujących właśnie tempo nabywania wprawy. Pozwoli to uniknąć kosztów długotrwałego szkolenia nietrafnie dobranych ludzi.

## 6.2. Trening niezawodności

Zdolność do uczenia się w szerokim sensie jest uważana przez niektórych autorów za zdolność do przystosowywania się. W analizie cech wykonawców czynności, zwłaszcza typu operatorskiego, które są tu głównym przedmiotem analizy, zdolność tę należy rozumieć w węższym sensie, jako wytwarzanie się odpowiednich nawyków i umiejętności związanych z odbiorem, przetwarzaniem i przekazywaniem informacji oraz wykonywaniem czynności sterowniczych. Cechę tę można by nazwać wyuczalnością lub szybkością nabywania wprawy. Ponieważ ludzie bardzo różnią się pod tym względem, określenie jej u wielu osób i porównywanie wyników uczenia się (tempo nabywania wprawy) może służyć jako próba testowa przydatności do niektórych zawodów, zwłaszcza typu operatorskiego. Tempo opanowywania nawyków i umiejętności w wielu wypadkach jest lepszym predyktorem przydatności do pracy niż inne, tzw. „papierowe”, próby testowe. W tym pierwszym przypadku otrzymuje się nie wynik jednorazowego badania testowego, lecz krzywą wyćwiczalności. Najlepszym rozwiązaniem byłoby, aby próba wyćwiczalności przebiegała w warunkach maksymalnie zbliżonych do rzeczywistych warunków pracy. Wskaźnikami liczbowymi owych różnic w uczeniu się może być np. dyspersja wyników uzyskanych w procesie szkolenia, liczba błędów lub też liczba prób przed uzyskaniem tzw. plateau. Ogólną ideą wykorzystania procedury uczenia się jako narzędzia doboru jest, żeby procedury krótko trwające zastąpić długo trwającymi i o większej wartości predyktywnej (trafności). Minusem jest czasochłonność badań, ale plusem przewyższają minusy i metoda wyćwiczenia czynności jako predyktor jest godna polecenia.

Udana prognoza przyszłych postępów w zakresie rzeczywistego szkolenia i pracy w realnych warunkach nie oznacza jednak, że dobrze wyszkolony operator

da sobie radę na stanowisku pracy w tym sensie, że nie będzie popełniał drobnych błędów. Realna sytuacja z reguły stawia wyższe wymagania niż sytuacja szkoleniowa i już ten fakt wnosi istotną korektę do warunków pracy operatora. Im większe wymagania, tym większe prawdopodobieństwo, że wyuczone umiejętności w krytycznych chwilach ulegną dezorganizacji. L. Paluszkiewicz (1969) wykazał eksperymentalnie, że w sytuacjach nagłych utrudnień, takich jak narzucone tempo pracy, olśnienie oraz zmęczenie, dobrze wyuczone czynności ulegają dezorganizacji, a w najlepszym wypadku prowadzą do cofnięcia się efektów automatyzacji wprawy, tj. następuje powrót do wcześniejszej fazy nawyków.

Na tle rozważań o wyćwiczalności ludzkich działań w ogóle sytuuje się zagadnienie dotyczące wyćwiczalności jednego z aspektów działania, a mianowicie niezawodności. Powstało pytanie, czy możliwe jest uczenie się niezawodnego działania. Jak już wspomniano wyżej, jedną z form mierzenia szybkości nabywania wprawy jest liczba popełnianych błędów przez osobę uczącą się (tzw. wskaźnik malejący, powodujący, że krzywa ma charakter opadający). Jednakże sam fakt zastosowania wskaźnika malejącego nie oznacza, że mamy do czynienia z trenowaniem niezawodności. W treningu niezawodności chodzi o świadome uczenie się unikania błędów w sytuacjach trudnych, tj. o wykorzystanie nastawienia na dokładność. Pozornie wydaje się, że jest to sprawa prosta. Jednakże w naturalnych warunkach działania człowiek bardziej jest nastawiony na szybkie osiągnięcie celu niż na dokładność działania.

W treningu niezawodności chodziłoby więc o wytworzenie trwałego nastawienia badanej osoby na unikanie błędów, trwałej tendencji do zachowań ostrożnych, do koncentrowania uwagi w momentach, gdy napływa szczególnie ważna informacja oraz do samoregulowania poziomu własnych emocji tak, aby w sytuacjach trudnych były one źródłem dodatkowej energii, a nie źródłem zahamowań i dezorganizacji pracy. W odniesieniu do osób tzw. lękliwych należy stosować inne strategie treningowe, a do osób opanowanych - inne.

Trenowanie człowieka w unikaniu błędów, polegające na pobudzaniu „motywacji ostrożnościowej”, nie jest rzeczą łatwą. W procesie wykonywania czynności uwaga człowieka koncentruje się głównie na celu działania i nie zawsze ma on czas, aby skoncentrować uwagę jednocześnie i na celu, i na prowadzących doń sposobach, tym bardziej, że - jak już wielokrotnie dowodzono - podzielność uwagi człowieka jest ograniczona. Być może dlatego właśnie człowiek dążąc do celu jakby „przymyka oczy” na odchylenia od toru czynności, jeśli nie niweczy to szansy uzyskania zamierzonego celu. Powstaje więc sytuacja jakby dwu obiektów, na które ma być skierowana uwaga: „wykonać czynność” i „nie popełnić błędu”. Są to dwie instrukcje nie wykluczające się logicznie, ale mogące się wykluczać psychologicznie. Skoncentrowanie uwagi na wykonaniu pierwszej instrukcji może być tak silne, że druga instrukcja zostanie jakby czasowo wstrzymana. Dopiero popełnienie błędu staje się powodem jej „przełączenia” na drugą instrukcję: „nie popełniać błędów”.

Jak wynika z badań opisanych w paragrafie 3.2.3, prawidłowością jest, że działając szybko popełniamy więcej błędów, a więc dokładność działania wiąże się z dodatkowymi „kosztami” psychologicznymi, wymaga dodatkowego wysiłku i czasu.

Trening motywacji do niepopelniania błędów wiąże się więc z wytwarzaniem nastawienia na dokładność w pracy, ostrożność i samokontrolę, wymagające szczególnego zaangażowania procesów uwagi i woli, zwłaszcza wówczas, gdy czynności przebiegają w sytuacjach trudnych lub ekstremalnych.

Paradoksem jest, że we współczesnej cywilizacji wraz ze wzrostem rozlicznych zagrożeń życia i zdrowia ludzi, wzrostem liczby i rodzajów możliwości popełnienia groźnych błędów, zachowań niebezpiecznych zarówno w środowisku pracy jak i życiu, maleje tendencja do kształtowania postaw cechujących się ową ostrożnością, umiarem, tendencją do zachowań bezpiecznych czy asekuracyjnych.

Główne wskazówki dydaktyczne płyną więc z wiedzy na temat roli nastawienia na dokładność w pracy i ostrożność. Specjalny trening można również zastosować

w odniesieniu do pamięci świeżej (operacyjnej), a zwłaszcza umiejętności agregowania pojedynczych informacji w nowe sensowne cząstki. Ćwiczenie uwagi w postaci umiejętności jej koncentrowania na wybranych bodźcach i sygnałach może doprowadzić do niemal całkowitej likwidacji błędów typu fałszywy alarm i opuszczenie, chociaż mogą się wówczas pojawić błędy typu opóźnienie oraz zaniechanie pewnych czynności ze względu na skoncentrowanie uwagi na wybranych bodźcach.

Można także stosować specjalne techniki polegające na pokazywaniu osobie uczącej się błędów tzw. systematycznych i przypadkowych, błędów typowych w danym rodzaju pracy i błędów rzadko się zdarzających. Ważne kształcące znaczenie ma także wskazywanie skutków popełnianych błędów, zwłaszcza jeśli doprowadziły do dramatycznych konsekwencji. Takim chwytem mającym na celu wyrobienie u użytkowników dróg nastawienia na ostrożną jazdę jest pokazywanie w telewizji wypadków drogowych. Wreszcie jedną ze skutecznych metod obejmujących kształcenie umiejętności diagnozy sytuacji drogowej jest całościowe ujmowanie wszystkich elementów tej sytuacji. Z badań wynika bowiem, że niedoświadczeni kierowcy sytuacje trudne widzą jako „łatwe”, w odróżnieniu od kierowców doświadczonych (W. Oraniewicz 1974).

Przykładem próby praktycznego zwiększenia niezawodności kontrolerów ruchu lotniczego jest system szkolenia opracowany na podstawie wyników badań psychologicznych przez Federalne Biuro Lotnictwa Cywilnego MITRE w Stanach Zjednoczonych (G.C. Kinney 1981).

Główną ideą tego systemu szkolenia jest doprowadzenie do redukcji błędów pilotów i innych pracowników przez wzrost niezawodności działania kontrolerów. Są oni grupą pracowników, od których zależy bezpieczeństwo ruchu lotniczego.

Przed wprowadzeniem owego programu szkolenia trzeba było, po pierwsze, opracować standardowy system operacji kontrolnych, innymi słowy, zestaw szczegółowych dyrektyw, jak wykonywać rutynowe czynności sterowania ruchem lotniczym. Po drugie, opracować specjalne prelekcje dla kontrolerów ruchu lotniczego, których celem było przekazanie wiedzy na temat możliwości i ograniczeń człowieka w zakresie odbioru i przetwarzania informacji (sfera sensoryczna oraz sfera intelektualna psychiki człowieka). Chodziło zwłaszcza o przekazanie informacji dotyczącej granic możliwości zapamiętywania komunikatów oraz odbierania ich za pomocą słuchu. Po trzecie, dokonano standaryzacji roli przedstawicieli dozoru, kontrolującego pracę kontrolerów ruchu, i ich także poddano odpowiedniemu szkoleniu.

Oczywiście przygotowanie tego programu wymagało dokonania analizy pracy kontrolerów w systemie ATC (*Air Traffic Control*) w konkretnych sytuacjach kierowania ruchem lotniczym. Analizowano także pracę przedstawicieli nadzoru. Oprócz analizy tzw. żywej pracy, badano także raporty, w których znajdowały się informacje o błędach całego układu: człowiek-obiekt techniczny oraz analizowano dane zawarte w banku danych Federalnego Biura Lotnictwa Cywilnego.

Celem analizy było określenie przyczyn błędów i stworzenie systemu prewencji wypadkowej. Na system ten złożyły się następujące zabiegi: Dokonano selekcji związków frazeologicznych w celu poprawienia zrozumiałości nadawanych komunikatów i zmniejszenia ich wieloznaczności. Terminy zostały zdefiniowane tak, aby dokładnie wyjaśnić zakres obowiązków kontrolera. Cele kierowania ruchem lotniczym zostały określone za pomocą tzw. słów kluczowych w celu uniknięcia redundancji, a także w celu przyspieszenia procesu rozumienia ich treści. Pozwoliło to na wzrost jednoznaczności odpowiedzi kontrolerów i zmniejszenie konieczności zgadywania oraz domyslenia się, jaką treść zawarto w komunikacie.

Program ten wprowadzono na wszystkich terminalach we wszystkich ośrodkach kierowania ruchem; z osobami uczestniczącymi przeprowadzono wywiady przed rozpoczęciem szkolenia i po jego zakończeniu. Chodziło o ocenę tego systemu oraz propozycje zmian. Tego rodzaju szkolenie systemowe należy do rzadkości. Powszechnie wiadomo, jak niechętnie pracownicy poddają się wszelkim zabiegom edukacyjnym dotyczącym bezpiecznych zachowań, nie podporządkowują się

instrukcjom nakazującym zachowanie ostrożności, lekceważą przepisy dotyczące bezpieczeństwa pracy. Podobnie w reklamach wytworów techniki więcej mówi się o ich funkcjach użytkowych, o roli w osiąganiu celów, mniej o kwestiach związanych z bezpiecznym ich użytkowaniem. Dane na temat urządzeń samochodowych zwiększających bezpieczeństwo jazdy (pasy, konstrukcja siedzisk itp.) są mniej brane pod uwagę przez klientów dokonujących zakupu, niż dane dotyczące szybkości jazdy, zużycia paliwa itp. Wygląda na to, że szybkość osiągania celów jest dla człowieka większą wartością niż rzetelność działania (mierzona dokładnością) oraz bezpieczeństwo działania.

### **6.3. Projektowanie techniki z uwzględnieniem wiedzy o zakresie możliwości człowieka**

Są dwa główne cele właściwego projektowania układu człowiek-obiekt techniczny (W.F. Wienda, B.F. Łomow 1980):

1. Optymalizacja środków prezentowania człowiekowi informacji, gdy następuje zagrożenie w celu zapewnienia maksymalnie szybkiej i bezbłędnej reakcji, a tym samym wyeliminowania zagrożenia, które może się nieoczekiwanie zaktywizować i przeobrazić w katastrofę.
2. Optymalizacja procesów informacyjnych (modeli informacyjnych) zapewniających trafną diagnozę stanu sterowanego obiektu w celu znalezienia i wyeliminowania usterek w działaniu układu.

Środki umożliwiające realizację tych dwu celów są następujące:

- podział funkcji między człowieka i pozostałe ogniwa układu,
- wprowadzenie takiej organizacji działania operatorów, która pozwoliłaby na zwiększenie niezawodności całego układu, składającego się z elementów, które wzięte oddzielnie są zawodne (takim powszechnie stosowanym sposobem jest dublowanie czynności, czyli wykonywanie ich w tym samym czasie, co prawie całkowicie usuwa prawdopodobieństwo popełnienia błędu (B.F. Łomow 1966)).

Przy projektowaniu układów i kształtowaniu środowiska pracy operatorów stawia się dwa cele. Pierwszy dotyczy zapewnienia człowiekowi warunków pracy zgodnych z jego wymaganiami, przy czym wymagania te są rozumiane jako wymagania przeciętnego, średniego, znajdującego się w stanie normy, pracownika. Drugi cel wiąże się z wykorzystaniem unikalnych możliwości człowieka i polega na wprężeniu ich do ogólnych strategii zwiększania niezawodności całego układu. Chodzi tu zarówno o sprawność układu jak i o jego bezpieczeństwo.

W związku z tymi dwoma celami projektowania układów mówi się o dwu sposobach traktowania człowieka przez konstruktorów i projektantów, tj. o traktowaniu człowieka jako „dodatku do maszyny”, który niekiedy staje się dodatkiem kłopotliwym, „balastem”, nawet gdy wykonuje stosunkowo proste czynności w rodzaju reagowania na bodźce, oraz o traktowaniu człowieka jako „aktywnego obserwatora”, twórczo rozwiązującego problemy pracy układu.

Te dwa podejścia dyktują użycie w procesie projektowania zupełnie odmiennego zestawu technik i sposobów zbierania danych wyjściowych o człowieku, potrzebnych do przewidywania jego niezawodności w układzie. Stanowią one jednocześnie fragment historii badań nad człowiekiem pełniącym rolę operatora. Po-



czątkowo uwagę skupiono głównie na elementarnych sensomotorycznych składnikach czynności, przechodząc kolejno do bardziej złożonych, takich jak podejmowanie decyzji oraz regulacja psychiczna ruchów. Ten drugi punkt widzenia nosi nazwę podejścia antropocentrycznego i jest przeciwny podejściu opartemu na traktowaniu człowieka jako dodatku do maszyny, czyli jako wyrazu ideologii przedmiotowej, a nie podmiotowej w badaniach psychologicznych.

Z odmienności tych dwu podejść wypływają określone konsekwencje dla praktyki projektowania układu, zwłaszcza jeśli idzie o podział funkcji między człowieka i pozostałe elementy układu. Do tego właśnie niezbędna jest wiedza o możliwościach i ograniczeniach człowieka. Czym innym jest bowiem projektowanie układu z myślą o zwiększeniu niezawodności człowieka, a czym innym uczynienie człowieka głównym gwarantem niezawodności całego układu. W tym pierwszym przypadku chodzi o przewidywanie niezawodności człowieka i projektowanie układu, w którym jest ona kryterium wyboru określonej konfiguracji projektowej (A. Bańka 1984). W drugim przypadku zaś, wiedza o układzie i celach, którym ma on służyć, oraz o otoczeniu układu jest podstawą przewidywania niezawodności człowieka.

Jak pisze A. Bańka: „Teoretycznie przynajmniej metody skwantyfikowanej oceny przewidywania niezawodności winny być adekwatne w stosunku do swoich celów na wszystkich etapach sekwencji projektowania. Poza tym dane, które są danymi wyjściowymi dla tych metod, powinny być ściśle sprecyzowane dla określonego problemu projektowego, dla którego metoda została przeznaczona”<sup>30</sup>. Przejdziemy teraz do bardziej szczegółowego przedstawienia dwu wyżej wymienionych zagadnień związanych z projektowaniem podziału funkcji między człowieka i ogniwa techniczne oraz omówimy rolę człowieka w zapewnieniu niezawodności działania układu<sup>31</sup>.

### 6.3.1. Podział funkcji między człowieka i maszynę

Mimo dużej różnorodności prac typu operatorskiego mają one wspólne cechy, z których najważniejsza, jak już o tym wielokrotnie mówiono, to pośredni charakter więzi między człowiekiem a obiektem, na który wywiera on wpływ (patrz podrozdział 5.1). Drugą wspólną cechą jest podobieństwo struktury czynności operatorskich, a mianowicie: dekodowania informacji, organizacji odebranych komunikatów, których treść jest zawarta w sygnałach, sformułowania rozwiązania, wypracowania strategii działania, realizacji programu za pomocą ruchów oraz kontroli wykonania programu ruchowego.

Uważa się, że w pracy operatorskiej dominują procesy odbioru i przetwarzania informacji. Wynika stąd postulat, że optymalizacja układów sterowania powinna być określona jako zbiór środków zapewniających prawidłowy przebieg procesów informacyjnych.

Z punktu widzenia praktyki ważne jest określenie działań projektowych odnośnie do owych środków optymalizujących pracę operatora. Wymienia się następujące rodzaje środków (A.A. Kryłow 1974):

- środki mające na celu obniżenie obciążenia układu wzrokowego w zakresie widzenia przedmiotów,

<sup>30</sup> A. Bańka 1984, s. 126.

<sup>31</sup> Najczęściej wymienianymi cechami człowieka, z którymi „liczą się” konstruktorzy, są: ograniczona szybkość reakcji na pojawienie się sygnału, narastające zmęczenie pod wpływem nieprzerwanej pracy w niesprzyjających warunkach środowiskowych - hałas, wysoka temperatura, mała widoczność, mała słyszalność etc. - uwarunkowane istnieniem absolutnych i różnicowych progów wrażliwości (praca w takich warunkach może trwać nie więcej niż pół godziny). Biorą oni także pod uwagę fakt, że człowiek ma i bardzo pozytywny, i bardzo negatywny wpływ na działanie układu, że drobne wahnięcia w stanie emocjonalnym człowieka mogą spowodować utratę sprawności całego układu i doprowadzić do katastrofy (T.A. Golinkiewicz 1985, s. 47).

- środki związane z widocznością obiektu (chodzi tu o zapewnienie maksymalnie dokładnego odbioru informacji przekazywanych przez urządzenia wskaźnikowe),
- środki zapewniające prawidłową logikę pojawiania się informacji (chodzi tu o taką organizację strumienia informacji w sensie czasowym, aby zapewniała prawidłową organizację ruchów gałek ocznych, zarówno badawczych jak i poszukiwawczych),
- środki umożliwiające maksymalnie wszechstronną syntezę informacji w momencie przekazywania jej innym osobom lub ogniwom maszynowym,
- środki ułatwiające włączenie informacji pojawiającej się „na wejściu” subiektywnej sfery (tworzenie przez człowieka subiektywnego modelu czynności),
- środki umożliwiające włączenie dodatkowych źródeł informacji (uzupełniających) w ogólny obieg informacji,
- środki zapewniające człowiekowi możliwość utrzymania niezbędnych informacji w tzw. pamięci operatywnej,
- środki umożliwiające wypracowanie określonych strategii działania, np. możliwość zdobycia dodatkowych informacji.

Najważniejszym zadaniem projektanta jest więc opracowanie modelu informacyjnego. Model informacyjny to zbiór informacji, z którego operator korzysta w czasie pracy, oceniając bieżące sytuacje i podejmując odpowiednie decyzje (A.A. Kryłow 1974).

Modele informacyjne w układach sterowania dużych rozmiarów odznaczają się znacznym zakresem informacji przedstawionej za pomocą ekranów, tablic świetlnych, schematów, paneli informacyjnych itp. Jedną z najważniejszych cech modelu informacyjnego jest jego przedmiotowość, tzn. odzwierciedlenie w sposób możliwie najbardziej plastyczny stanu sterowanego obiektu lub stanu układu. Dzięki owej plastyczności odzwierciedlenia obiektu (odwzorowania) operator jest w stanie dokonywać rekonstrukcji całości sytuacji, wydobywać z pamięci brakujące informacje i podejmować odpowiednie decyzje. Owa plastyczność odzwierciedlenia obiektu w modelu informacyjnym wiąże się ściśle z poglądowością. Model powinien jednak również odzwierciedlać wzajemne stosunki, w jakich znajdują się poszczególne cechy obiektów.

Ważną cechą modeli informacyjnych jest także zakres zawartej w nich informacji oraz czasowa charakterystyka jej pojawiania się (jednoczesność lub sukcesywność ukazywania się sygnałów). Wiąże się z tym problem tzw. obciążenia informacyjnego i zdolności przepustowej kanałów informacyjnych człowieka (analizatorów).

Model informacyjny powinien mieć prawidłową pod względem logicznym strukturę, tj. odzwierciedlać tylko takie cechy obiektu sterowania, które zapewniają maksymalnie szybki i efektywny odbiór informacji.

Model informacyjny powinien więc być tak zbudowany, aby z jednej strony, maksymalnie ułatwić operatorowi wykonywanie standardowych czynności, z drugiej zaś, zapewnić możliwość znajdowania rozwiązań, gdy pojawią się nietypowe problemy.

Analiza pracy operatorów wskazuje jednak, że te dwa postulaty zaprzeczają niekiedy sobie i w praktyce trudno jest je ze sobą pogodzić. Wzrost szybkości działania operatora w sytuacjach standardowych wymaga umiejętności przystosowywania odzwierciedlonej informacji do algorytmów czynności wykonywanych najczęściej w tego typu sytuacjach. W szczególności wymaga się adekwatności struktury środków odzwierciedlenia informacyjnego w danym modelu do sensorycznej, myślowej i ruchowej struktury aktywności człowieka. W procesie wykonywania

tego rodzaju czynności, adaptacyjne funkcje człowieka, niezbędne w sytuacjach nieprzewidzianych, mogą być realizowane tylko wówczas, gdy operator ma odpowiedni zapas zgromadzonych informacji stanowiących uzupełnienie tych, które pojawiają się aktualnie. Zachodzi więc swoisty paradoks: im bardziej szczegółowo opisywane są algorytmy czynności operatorskich i odpowiednio do tego komponowane modele informacyjne, w tym mniejszym stopniu operator ma szansę twórczego rozwiązywania problemów pojawiających się w nietypowych sytuacjach. Dlatego też w praktyce stosuje się rozwiązania kompromisowe, polegające na tym, że modele informacyjne zawierają tylko najbardziej istotne informacje, niezbędne do rozwiązania kluczowych zadań, zapewniając jednocześnie możliwość pobrania dodatkowych informacji za pomocą tzw. wywoławczych systemów kontroli, gdy powstaje sytuacja nowa, o dużym stopniu nieokreśloności rozwiązań.

W analizie pracy operatora służącej do określania podziału funkcji rozróżnia się pojęcie środka informacji (które wymieniono na początku tego rozdziału) oraz pojęcie systemu odzwierciedlania informacji. Środek odzwierciedlenia to dowolny element bezpośredni przyjmowany przez operatora i przekazujący mu określoną informację, a system to kompleks środków odzwierciedlenia informacji w określonych typowych sytuacjach w postaci wymagającej algorytmicznego reagowania operatora, a w innych sytuacjach wymagającej rozwiązywania zadań.

Oprócz przedstawionych wyżej sposobów i podejść w projektowaniu układów człowiek-obiekt techniczny, uwzględniających oddzielnie właściwości człowieka i właściwości ogólnych obiektów (np. sterowanych obiektów), w celu ich pełnego zharmonizowania podejmuje się próby koncepcyjnego rozwiązywania problemu projektowania całości układu, w którym modeluje się także czynności operatora, a nie tylko sterowanego obiektu, jak to było poprzednio. W tym celu stosuje się metody matematyczne (B.F. Łomow, W.F. Wienda, J.M. Zabrodin 1980, M. Paleček i F. Kudrno-vsky 1980, M. Paleček 1981). Podstawą takiego modelowania są obiektywne dane na temat rzeczywistych procesów i rzeczywistych stanów układu, a wynikiem powinny być nowe informacje, których nie można otrzymać innymi metodami.

Podstawowym problemem metodologicznym jest tu konieczność przyjęcia szeregu upraszczających założeń dotyczących funkcjonowania człowieka oraz współdziałania człowieka z pozostałymi elementami układu. Głównie chodzi tu o powiązania między człowiekiem (jego narządami zmysłów) a urządzeniami wskaźnikowymi oraz między sterami a psychiczną regulacją ruchów sterowniczych. Nie trzeba dodawać, że takie modelowanie jest możliwe tylko przy współpracy psychologów i inżynierów dysponujących aparatem matematycznym.

Przykładem takiego modelowania jest praca M. Palečka (1981). Przyjęto założenie, że operator (w tym przypadku był to pilot samolotu) ma przed sobą cztery taktyczne cele:

1. odbiór informacji napływającej z urządzeń wskaźnikowych (rozróżnianie bodźców),
2. prawidłowe dekodowanie zawartej w sygnałach informacji, tj. odczytanie znaczenia z punktu widzenia właściwości celu działania i właściwości sterowanego obiektu,
3. prawidłowe powiązanie odebranej informacji z odpowiednimi operacjami sterowniczymi z punktu widzenia zarówno samego procesu sterowania jak i właściwości sterowanego obiektu,
4. prawidłowa realizacja odpowiednio wybranej operacji.

Im wyższe jest prawdopodobieństwo osiągnięcia poszczególnych celów taktycznych, tym bardziej obniża się wartość powiązań między nimi i można badać je jako względnie niezależne od siebie.

Taką procedurę matematycznego modelowania czynności pilota małego samolotu transportowego w fazie lądowania przeprowadzili M. Paleček i F. Kudrnovsky

(1980). Okazało się, że pierwszy z wymienionych celów taktycznych, tj. odbiór informacji, ma najwyższe prawdopodobieństwo osiągnięcia, co oznacza, że niezawodność pilota w tej fazie w najwyższym stopniu zależy od prawidłowego odbioru informacji sensorycznej. Wobec tego, w modelu matematycznym przedstawiono model błędnych czynności pilota w trakcie odbioru informacji z tablicy informacyjnej.

Procedura takiego modelowania składała się z następujących etapów:

- dokonano szczegółowej analizy pracy pilota;
- poszczególne kroki umieszczono w schemacie blokowym diagramu;
- poszczególne kroki opisano w terminach: wejście - decyzja - wyjście, gdzie wejście i wyjście określono za pomocą terminów używanych do opisu środków sygnalizacji oraz urządzeń sterowniczych;
- obok każdego kroku zapisano elementy składające się na wejście i wyjście (np. przy wejściu rodzaj skali, przy wyjściu rodzaj urządzenia sterowniczego);
- dla każdego elementu określono odpowiednie parametry (np. dla skali wielkość podziałki) i każdemu elementowi przypisano odpowiednią wartość niezawodności i czasu;
- w odniesieniu do procesu decyzyjnego podano, jakie sygnały mają być zidentyfikowane oraz jaka zawarta w nich informacja powinna być przetworzona; do każdej operacji decyzyjnej przyporządkowano współczynniki niezawodności i czasu.

Ponieważ punktem wyjścia był model sekwencyjny, można było obliczyć ogólny współczynnik niezawodności pilota przez pomnożenie współczynników niezawodności poszczególnych operacji; suma wielkości czasowych określała czas niezbędny do wykonania operacji przy danym współczynniku niezawodności.

Do ogólnej sumy czasów dodano czas opóźnień między poszczególnymi krokami, zdając sobie sprawę, że indywidualny czas wykonania operacji może się różnić od czasu obliczonego w ten sposób.

Trzeba jednak pamiętać, że wykonywanie oddzielnych czynności nie jest procesem sekwencyjnym. Pilot „wyprzedza” wykonywanie pewnych operacji i wraca do operacji już rozpoczętych. Dlatego też ostateczny czas operacji i niezawodność są wyznaczone przede wszystkim przez czas niezbędny oraz niezawodność operacji w danych warunkach technicznych, a nie przez czas rzeczywisty i niezawodność wykonania od początku do końca danej operacji.

Opisana w bardzo ogólny sposób metoda modelowania matematycznego funkcji operatora pozwala na ocenę użyteczności technicznej sprzętu lotniczego z punktu widzenia cech człowieka. Wartość sprzętu oceniano w tym przypadku na podstawie średniego czasu obsługi oraz prawdopodobieństwa uzyskania celu (strategicznego, tj. odbycia lotu).

Dane dotyczące niezawodności człowieka mają także znaczenie dla wstępnej oceny prawdopodobieństwa błędu wywołanego czynnością pilota przy wykonywaniu oddzielnych operacji i czynności. Dlatego też, jak sądzą autorzy omawianych badań, dane te można byłoby wykorzystać do identyfikacji tzw. krytycznych miejsc i momentów w pracy układu oraz wprowadzić dodatkowe sposoby unikania błędów, np. dodatkowe urządzenia techniczne lub sygnały informujące o szczególnie trudnych momentach w pracy lub stosować bardziej efektywne sposoby doboru ludzi na stanowiska pilotów.

Oczywiste jest, że wyniki takiej analizy mogą również przydać się przy projektowaniu nowych układów, nie tylko przy doskonaleniu już istniejących. Jednakże zarówno w przypadku modelowania pracy układu jako całości, jak i modelowania tylko pracy człowieka dane wyjściowe muszą pochodzić z analizy żywej pracy człowieka.

### 6.3.2. Rola człowieka w zapewnianiu niezawodności układu człowiek-obiekt techniczny

Omówimy tu te czynniki, którym człowiek (i system) zawdzięczający wysoki poziom niezawodności. Chodzi o wydobywanie istoty owych paradoksów, o których była mowa w różnych miejscach niniejszej pracy. Paradoksy niezawodności człowieka polegają bowiem na tym, że choć tak bardzo jest on zawodny (statystyki ciągle obciążają „winą” człowieka za wypadki, przypisując tzw. czynnikowi ludzkiemu około 70-80% przyczyn), to w porównaniu z ogniwami maszynowymi układu „psuje się” jednak ostatni i przewyższa maszyny pod względem rozmaitych unikalnych cech.

Praktycy chcieliby głównie wiedzieć, co robić, aby zmniejszyć ową dramatyczną liczbę przyczyn wypadków spowodowanych przez człowieka, psychologowie zaś chcieliby raczej dowiedzieć się czegoś więcej na temat owych paradoksów i unikalnych cech człowieka, aby wyjaśnić mechanizm psychicznej regulacji działania w trudnych sytuacjach. Te dwie motywacje poznawcze nie wykluczają się, wręcz przeciwnie - wzajemnie się uzupełniają. Im większa wiedza o unikalnych cechach człowieka wykonującego czynności w sytuacjach erogennych, tym więcej można powiedzieć o przyczynach jego błędów i więcej zrobić, aby tym błędom zapobiegać.

Paradoksy niezawodności człowieka można by sprowadzić do następujących tez:

1. Jest on istotą ułomną, słabą, zmienną, a jednocześnie w sytuacjach obiektywnie trudnych, gdy zawodzi maszyna, człowiek okazuje się silny i często właśnie on „psuje się” ostatni.
2. Ma jak gdyby wrodzoną skłonność do popełniania błędów i uchybień, a jednocześnie sam potrafi dostrzegać własne błędy i ich przyczyny, potrafi także likwidować błędy maszyny.
3. Człowiek w układzie z obiektem technicznym jest mu podporządkowany, musi uwzględniać wszystkie parametry funkcjonowania układu jako całości, a jednocześnie potrafi pełnić funkcję głównego regulatora w sytuacjach awaryjnych.
4. Będąc zależnym od sytuacji, i to w sposób dramatycznie ścisły, „reżimowy”, może jednocześnie uniezależnić się od owych ścisłych przepisów i wymagań, zastępując wymagania dawne nowymi, dotychczasowe cele celami nowymi itp.
5. Tracąc automatyzację wprawy pod wpływem nagłych i nieoczekiwanych zmian sytuacji, potrafi wznieść się na wyżyny działania nowatorskiego i zastosować nowe rozwiązania zaistniałych problemów.
6. Kompensowanie braków techniki, np. lądowanie w trudnych warunkach, efektywna praca nawet w warunkach tzw. bałaganu organizacyjnego i inne.

Być może istnieje więcej owych paradoksów niezawodności człowieka, lecz jedno jest oczywiste. Paradoksy te są widoczne wówczas, gdy człowiek jest wystawiony na próbę, gdy sytuacje erogenne dominują w jego pracy oraz gdy jest on elementem systemu o dużym stopniu złożoności.

Paradoks najważniejszy - choć człowiek sam jest zawodny, stanowi czynnik gwarantujący względnie wysoki poziom niezawodności układu.

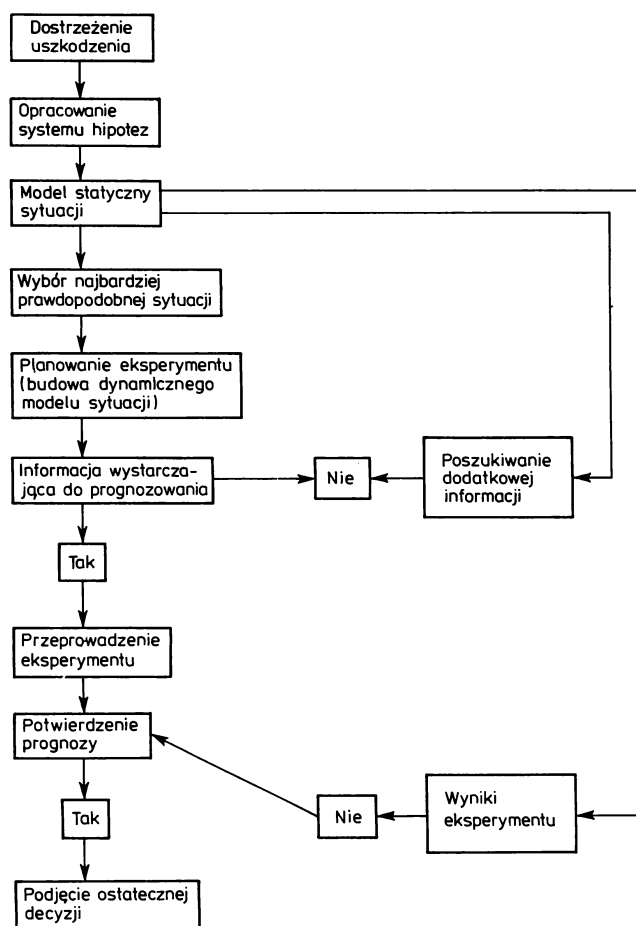
Oczywiście owe paradoksy wymagają wyjaśnienia psychologicznego. Polega ono na wydobywaniu unikalnych cech człowieka, zarówno tych względnie stałych jak i zmiennych.

Parafrazując tytuł tego podrozdziału można by napisać „człowiek psuje się ostatni”. Taki jest podtekst tezy, iż unikalne cechy człowieka predestynują go do

zadań pojawiających się w sytuacjach awaryjnych. Wówczas człowiek staje się ogniwem niezastąpionym; to właśnie on jest w stanie kompensować braki maszyn.

Ogólnie biorąc, główne funkcje człowieka w zakresie wspomagania układu to antycypacja uszkodzeń układu oraz szybkie ich usuwanie, tak aby nie doszło do wypadku lub poważnej awarii urządzeń technicznych. Zalicza się tu także pewne czynności naprawcze oraz konserwację urządzeń w procesie ich używania.

Ogólny schemat struktury działania człowieka w sytuacji awaryjnej przedstawia rys. 6.1. Jak widać, nie różni się on zasadniczo od struktury czynności operatorskich wykonywanych w sytuacjach normalnych. Schemat ten dotyczy czynności podejmowania decyzji przez operatora, w który to proces uwikłane jest myślenie. W schemacie tym kładzie się nacisk na konieczność jednoczesnego „czuwania” nad procesem stawiania i weryfikowania hipotez, który jest procesem sekwencyjnym, oraz na odbiór jednocześnie napływających informacji pochodzących z bloków: „Poszukiwanie dodatkowej informacji” oraz „Wyniki eksperymentu”. To właśnie może powodować dodatkowe utrudnienia, gdyż, jak wiadomo, zdolność do skupiania uwagi na dwu obiektach jednocześnie jest ograniczona. Jeśli dodamy do tego konie-



Rys. 6.1. Strukturalny schemat procesu myślenia operatora przy poszukiwaniu uszkodzeń układu

Źródło: B.F. Łomow 1977

czność aktywnego włączania się operatora do usuwania uszkodzeń, a więc realizowania podjętych decyzji przy jednoczesnym wykonywaniu czynności przewidzianych przy normalnym trybie pracy, to możemy sobie wyobrazić stopień trudności stojących przed nim zadań.

Fakt powierzania człowiekowi tak złożonych zadań może sugerować, że jest on swego rodzaju „panem” maszyny (zdolność prognozowania zdarzeń), wystarczy jednak chwila refleksji, aby uświadomić sobie, że w istocie jest on traktowany instrumentalnie.

Przekonanie o niezbędności człowieka w celu zwiększenia niezawodności układu jest oparte na unikalnych cechach człowieka, predestynujących go do pełnienia roli diagnosty i superkontrolera układu. W tym właśnie celu dobiera się np. pilotów - oblatywaczy testujących nowe typy samolotów lub wykonujących nowe specjalne zadania. Uważa się, że ta grupa pilotów musi odznaczać się szczególną motywacją do wykonywania zadań o zwiększonym ryzyku (ryzyko większe niż przeciętne), szczególnie dużym doświadczeniem i sprawnością, szczególnie motywacją w procesie szkolenia, przy czym chodzi tu o motywację do zdobywania sprawności będącej następnie przeciw wagą zwiększonego ryzyka, specjalnie wyszkolonych i mających duże doświadczenie w zakresie wykonywania zadań rutynowych. Piloci - oblatywacze mają dostarczyć informacji o tym, czy nowy układ będzie efektywny oraz czy będzie bezpieczny.

Jak wiadomo, efektywność i bezpieczeństwo systemu w pewnym stopniu są konfliktowe. Doprowadzenie do stuprocentowego bezpieczeństwa może równocześnie spowodować obniżenie efektywności do zera. Chodzi także o to, czy chwilowe i nieprzewidziane obniżenie sprawności pilota lub zakłócenia występujące w otoczeniu układu nie spowodują gwałtownego wzrostu zagrożenia. W tego rodzaju próbach określa się również, czy tzw. średni, przeciętny, pilot jest w stanie przewidzieć wielkość obciążenia, jakie będzie mógł znieść w nieoczekiwanych sytuacjach awaryjnych i jaki poziom jego sprawności w pracy powinien być z góry założony.

Próby ewaluacji układu za pomocą diagnozy formułowanej przez pilotów - oblatywaczy nie skończyły się pełnym powodzeniem. Metoda ta (nie ma na razie lepszej) kryje w sobie niebezpieczeństwo popełniania błędów przez pilotów mniej doświadczonych, którzy w normalnych warunkach mogą pełnić swoje funkcje zadowalająco, a w sytuacjach awaryjnych - zawodzić. Idea testowania układu przez najbardziej doświadczonych operatorów (w tym przypadku pilotów) jest więc ideą kontrowersyjną. Opiera się na tezie o unikalnych cechach człowieka i jego maksymalnych możliwościach i traci z pola widzenia fakt, że przetestowane układy będą następnie obsługiwane przez przedstawicieli tzw. normy, którzy będą wykonywać zadania standardowe, choć ich praca będzie przebiegała w warunkach trudnych.



## 7. NIEZAWODNOŚĆ CZŁOWIEKA W ŚWIECIE PSYCHOLOGICZNEJ TEORII REGULACJI. PRÓBA SYNTETY<sup>32</sup>

W poprzednich rozdziałach omówiono stan rzeczy na podstawie wiedzy zawartej we współczesnej literaturze psychologicznej oraz niepsychologicznej poświęconej zagadnieniu niezawodności.

Z tego przeglądu stanowisk i zgromadzonych faktów dotyczących się niezawodnego działania człowieka wynika, że uwaga badaczy koncentruje się głównie na jednej, raczej negatywnej, stronie tego zagadnienia, a mianowicie na jego *zawodności*: Stąd głównym przedmiotem zainteresowania badaczy jest *błąd* popełniany przez człowieka wykonującego określone zadania. Błąd jest traktowany jako wskaźnik zawodności, a liczba błędów jako podstawa ilościowych miar niezawodności rozumianej w sensie normatywnym. Ilościowe dane o błędach są punktem wyjścia obliczania prawdopodobieństwa pojawiania się błędów, jako niepożądanych zdarzeń, w przyszłości.

Tymczasem pojęcie niezawodności człowieka wiąże się z zależnością funkcjonalną elementów układu nawzajem ze sobą powiązanych. Z tego względu należy rozróżnić dwa rodzaje błędów. Błędy działania indywidualnego i błędy współdziałania z innymi. Błędy działania polegają na niepoprawnym wykonaniu własnego zadania w warunkach normalnych, niezależnie od tego, jak funkcjonują inne elementy układu. Natomiast błędy współdziałania - na takim wykonaniu zadań własnych, które pociąga za sobą obniżenie poziomu funkcjonowania całości lub części systemu. W tym drugim wypadku za błąd można uznać nawet całkowicie poprawne wykonanie własnego zadania. Przy takim rozróżnieniu poprawne wykonywanie czynności cząstkowych bez uwzględnienia tego, co i jak wykonują inne elementy układu, nie może być traktowane jako wskaźnik niezawodności, a popełnianie błędów - jako niewątpliwy wskaźnik zawodności.

Z tego też względu nie należy sprowadzać problemu niezawodności człowieka do problematyki błędów oraz nie należy traktować niezawodności jako prostego przeciwstawienia zawodności. Zawodność człowieka można identyfikować z popełnianiem błędów jedynie wówczas, gdy uwzględnimy wprowadzone wyżej rozróżnienie na dwa rodzaje błędów. Niezawodności zaś nie można sprowadzać do samego tylko niepoprawienia błędów.

To rozróżnienie jest ważne przy analizie zawodności i niezawodności człowieka w każdym układzie, zarówno technicznym jak i społecznym, ale szczególnie ważne jest w układach społecznych. Dla poszczególnych współdziałających osób ważna jest świadomość, że jeżeli ktoś nie zrobił czegoś w określony sposób, to można liczyć na to, że ktoś inny pomoże, ułatwi, zastąpi lub że osoby te będą w stanie pomóc komuś innemu w sytuacji trudnej. W układach społecznych każdy uczestnik ma świadomość, że jego działania są współzależne z działaniami innych osób. Świadomość ta jest podstawą kształtowania się wzajemnych oczekiwań. Ten fakt pozwala połączyć problematykę zawodności i niezawodności człowieka z problematyką odpowiedzialności i wzajemnego zaufania. Teoria psychicznej regulacji człowieka musi zatem obejmować wiedzę dotyczącą procesów i mechanizmów psychicznych, które pozwalają człowiekowi uniknąć zarówno błędów działania jak i błędów współdziałania.

<sup>32</sup> Treść tego rozdziału była referowana na konferencji dotyczącej realizacji Programu PRBP-III. 25.

## 7.1. Zawodność a niezawodność

Oczywiste jest, że o człowieku, który popełnia błąd nie powiemy, że jest niezawodny, lecz i stwierdzenie jego bezbłędności nie wystarczy, aby scharakteryzować jego niezawodne działanie. Nie można także powiedzieć, że im bardziej bezbłędne jest działanie człowieka, tym większa jest jego niezawodność lub odwrotnie. Zależy to od sytuacji, w jakiej owo działanie zachodzi i jakie są oczekiwania wobec Człowieka wykonującego powierzone mu zadanie. Na przykład uchybienie polegające na tym, że człowiek zapomniał zrobić coś, co zrobić należało, świadczące o jego zawodności, jest czymś zgoła innym niż brak uchybienia, polegający na tym, że człowiek nie zapomniał o niczym, że pamiętał o wszystkim, co należało zrobić. Tym, co wiąże zawodność z niezawodnością jest czyjeś oczekiwanie: błędów w przypadku zawodności oraz pełnej sprawności działania pod każdym względem w przypadku niezawodności. Zawodność to niespełnienie oczekiwań z powodu określonych uchybień w działaniu mechanizmów regulacyjnych, a niezawodność to działanie tych mechanizmów na wysokim poziomie.

Tak więc wyjaśnienie, w jakich okolicznościach człowiek popełnia błędy, nie wystarczy do określania, na czym polega jego niezawodność. Innymi słowy, inna jest psychologiczna interpretacja matematycznej definicji zawodności i niezawodności. Czym innym pod względem psychologicznym jest bowiem prawdopodobieństwo popełnienia błędu, a czym innym prawdopodobieństwo bezbłędnej pracy człowieka. W matematyce powiemy, że zawodność to  $A$ , a niezawodność to  $A$ . W interpretacji psychologicznej zaś powiemy, że zawodność to  $A$ , natomiast niezawodność to nie tylko  $A$ , lecz także  $B$ ,  $C$ ,  $D$  itd. Zredukowanie liczby błędów nie oznacza więc wzrostu niezawodności, choć wzrost liczby błędów w działaniu człowieka jest wskaźnikiem jego zawodności. Chodzi tu więc o nadanie psychologicznego sensu pojęciom zawodności i niezawodności, przy czym sens ten różni się od sensu matematycznego i technicznego.

Aby lepiej wyrazić znaczenie tego rozróżnienia, rozważmy inne pary przeciwnych, lecz niesymetrycznie opozycyjnych, pojęć: zadowolenie i niezadowolenie z pracy lub też odpowiedzialność i nieodpowiedzialność w pracy.

Niezadowolenie oraz zadowolenie pracownika jest uwarunkowane spełnieniem lub niespełnieniem jego oczekiwań w stosunku do zakładu pracy. Niezadowolenie jest jednak uwarunkowane niespełnieniem zupełnie innych oczekiwań pracownika niż jego oczekiwania, gdy chce doznawać stanu zadowolenia. Podobnie redukcja niezadowolenia nie prowadzi automatycznie do wzrostu zadowolenia, dlatego tak łatwo zniechęcić ludzi do pracy, a tak trudno spowodować wzrost ich motywacji i zaangażowania.

Jeszcze wyraźniej różnicę tę widać, gdy zestawimy psychologiczną treść pojęć odpowiedzialność i nieodpowiedzialność. Za każdym z nich stoi jakby odmienna mapa cech determinujących zachowania człowieka. To, co łączy oba te pojęcia, podobnie jak w przypadku zawodności i niezawodności, to określone oczekiwanie wobec podmiotu działania.

Uproszczenie, o którym mowa, ma historyczne uzasadnienie. Wynika ono z faktu, że człowieka pracującego traktowano jako jednostkę izolowaną, wyrwaną z szerszego kontekstu, wykonującą swoje zadania indywidualnie. Jest to statyczny sposób traktowania człowieka w jego otoczeniu jako środowisku stabilnym. Stąd dążenie do poszukiwania przyczyn zawodności w wewnętrznych cechach człowieka, najpełniej wyrażone w koncepcji tzw. skłonności do wypadków. Wzrost złożoności zadań człowieka w związku z powierzaniem mu funkcji ogniwa w układach technicznych oraz duża ich zmienność zmodyfikowały nieco ten jednostronny sposób patrzenia na człowieka jako na źródło zawodności. Wzrost zawodności człowieka w układach zdalnego sterowania przyczynił się do postawienia owocnej do pewnego stopnia hipotezy o zewnętrznych przyczynach błędów człowieka, a mia-

nowicie o wpływie cech układów technicznych, z którymi miał on do czynienia, na powstawanie uchybień w pracy.

Wprowadzenie pojęcia: układ człowiek-maszyna, które stało się centralnym pojęciem w ergonomii i psychologii inżynierskiej, nie przyczyniło się jednak do przewyciężenia owej statyczności w patrzeniu na człowieka i nie zlikwidowało owego uproszczenia. Koncepcje „skłonnościowa” oraz „ergonomiczna” znalazły praktyczne zastosowanie w konkretnych technikach badania przydatności do pracy w warunkach zagrożenia oraz w idei dopasowania konstrukcyjnych cech układów do psychofizjologicznych możliwości człowieka.

Samo wprowadzenie pojęcia układ człowiek-maszyna nie pozwoliło jednak przewyciężyć owego statycznego traktowania człowieka, uwydatniło jedynie związek niezawodności człowieka, mierzonej liczbą błędów, z konstrukcyjnymi cechami elementów technicznych układu.

Zawodnością człowieka jako funkcją jego własnych cech zajmowano się głównie wtedy, gdy w pracy dominowały zadania rutynowe, oparte na stereotypach i stabilnych wzorcach. Nawet jeśli w pracy miały miejsce sytuacje trudne, to polegały głównie na przeciążeniu pracą o charakterze fizycznym. Niezawodność jako cecha szczególnie pożądana została wyróżniona w momencie, gdy zaobserwowano, że praca człowieka przebiega w sytuacjach trudnych, polegających na wykonywaniu zadań złożonych, zmiennych, w warunkach ekstremalnych i niezwykłych, przy ograniczonych limitach czasu i z przewagą wysiłku o charakterze umysłowym (przetwarzanie informacji). W takich sytuacjach, aby scharakteryzować niezawodne zachowanie się człowieka, nie wystarcza wiedza o liczbie i charakterze popełnionych błędów; jest ona niewątpliwie użyteczna przy przewidywaniu błędnych zachowań człowieka w przyszłości, ale tylko wtedy, gdy warunki będą podobne lub identyczne.

Do zrozumienia istoty niezawodności niezbędne jest uwzględnienie dodatkowego wysiłku człowieka, czegoś, co można nazwać ekstra wkładem, twórczej adaptacji do zmieniających się i zmiennych sytuacji, szybkiej mobilizacji energii niezbędnej do wykonywania nowych zadań odczytywanych przez człowieka ze zmieniającego się kontekstu sytuacji, a nie tylko zgodnych z uprzednio przyswojonymi wzorami zachowań. Człowiek zawodzi, gdy popełnia błędy w sytuacjach znanych, rutynowych, powtarzających się. Okazuje się niezawodny, gdy mimo warunków sprzyjających błędom nie tylko ich nie popełnia, lecz także spełnia wymagania wyższego rzędu odczytywane przez niego w trakcie zmieniającego się kontekstu sytuacji.

Za zawodnością człowieka stoi więc jakby „psujący się” lub niesprawny mechanizm regulacyjny działania lub jakiegoś procesu psychicznego, który w mechanizmie tym odgrywa ważną rolę. Za niezawodnością zaś - wysoki poziom wszystkich procesów regulacyjnych. Widać więc wyraźnie, że zawodność i niezawodność to nie proste przeciwieństwa typu tak i nie, A i nie A, obecność czegoś lub nieobecność, brak i nadmiar.

Przewyciężenie tego uproszczenia jest możliwe przy szerszym ujęciu całej problematyki niezawodności, w którym człowieka wykonującego określone zadania rozpatruje się w kontekście szerszego układu funkcjonującego dzięki temu, że spełnia on w tym układzie określone funkcje. Potrzebny jest też szerszy kontekst teoretyczny rozważań, a mianowicie kontekst dwóch ściśle ze sobą powiązanych teorii: ogólnej teorii systemów i psychologicznej teorii regulacji.

Ogólna teoria systemów pozwala mówić o zachowaniu się człowieka językiem uniwersalnym, używając pojęć mających sens w odniesieniu zarówno do człowieka jak i do pozostałych elementów układu, w którym pełni on określone funkcje. Psychologiczna teoria regulacji zaś pozwala włączyć w ten ogólniejszy kontekst teoretyczny pojęcia i schematy właściwe dla psychologii jako nauki o zachowaniu się człowieka i jego mechanizmach regulacyjnych.

Ten szerszy kontekst pozwala także lepiej zrozumieć, na czym polega istota procesów regulacyjnych zachowania się człowieka w sytuacjach trudnych, skąd się one biorą, jaki mają charakter i w jaki sposób są przekształcane przez człowie-

ka w sytuacji normalnej, zapewniając tym samym większe prawdopodobieństwo niezawodnego funkcjonowania układu jako całości.

Tak więc przyjęty w tej pracy schemat, wedle którego przedstawiono wiedzę na temat niezawodności człowieka, zbudowany na podstawie tezy o wzajemnym i ścisłym uwarunkowaniu właściwości człowieka i cech otoczenia oraz o ich interakcyjnym wpływie na przebieg pracy, zostanie jak gdyby wtopiony w ogólniejszy kontekst dwóch wspomnianych wyżej teorii.

## 7.2. Niezawodność w ujęciu systemowym

Rozważmy pokrótce korzyści poznawcze i metodologiczne wpływające z podejścia, które oferuje ogólna teoria systemów.

Jak się wydaje, ujęcie systemowe jest użyteczne przede wszystkim dlatego, że pozwala rozpatrywać człowieka i pozostałe elementy układu jako składniki pewnej całości, a nie jako elementy istniejące obok siebie, niezależne. Teoretycy systemów są zgodni co do tego, że pojęcie systemu nie ogranicza się do bytów materialnych, lecz że może być stosowane do dowolnych „całości” składających się z wzajemnie na siebie oddziałujących składników. System to układ elementów i relacji między nimi (statycznych i dynamicznych), takich, że układ jest zdolny do wykonywania określonych funkcji.

Psychologiczna interpretacja układów, w których człowiek odgrywa funkcje koordynowania pracy pozostałych elementów wzbogaca ogólną teorię systemów przez wskazanie, że człowiek jest *elementem wyróżnionym*, świadomym zarówno celów stojących przed układem jako całością, jak i swoich związanych z nimi konkretnych zadań. Jak głosi jeden z twórców ogólnej teorii systemów, L. von Bertalanffy<sup>33</sup>, nauka o systemach oferuje poszerzoną perspektywę, pozwala na stosowanie języka matematycznego i werbalnego, pozwala wyodrębniać zmienne jakościowe, wprowadzać konstrukty hipotetyczne oraz planować konkretne eksperymenty. Uważa on, że pojęcie systemu można definiować i rozwijać na różne sposoby, w zależności od celu badania naukowego oraz od chęci odzwierciedlenia różnych aspektów pojęcia głównego. Istotną zaletą teorii systemów jest, że kładzie się nacisk na poznanie nie tylko składników całości, lecz także istniejących między nimi relacji z uwagi na funkcję całości. Na przykład M. Mazur<sup>34</sup> wprowadzając pojęcie układu samodzielnego czyni analogię do procesów regulacyjnych w zachowaniu się człowieka. Psychologiczne pojęcie charakteru jest traktowane jako zespół właściwości sterowniczych. Układ to, według M. Mazura, zorganizowana złożoność, gdzie występują silne interakcje; całości, zwane systemami, składają się z części pozostających ze sobą w stanie interakcji.

W teorii systemów nie chodzi o elementy rozumiane statycznie, lecz o *zmieniające się* funkcjonalne powiązania między nimi. Charakterystyka układu jest więc sporządzana z punktu widzenia możliwości *realizacji celu*, jaki stoi przed układem jako funkcjonalną całością. Podobnie, otoczenie układu jest charakteryzowane ze względu na jego związek ze stanami obiektów technicznych i stanami człowieka, który realizuje część swoich zadań związanych z realizacją celu nadrzędnego.

Stan układu to pojęcie bardzo szerokie. Składają się nań stany chwilowe wielu elementów i ich relacji, w tym stany człowieka, o szczególnym nasileniu zmienności i szczególnie trudne do empirycznego rejestrowania. W technice rozróżnia się stany za pomocą skali dwustopniowej (układ zero - - jedynkowy): stan operatywny - stan nieoperatywny, włączony - wyłączony, działa - nie działa. W psychologii należy uwzględnić nie tylko ogromną różnorodność stanów pośrednich, lecz także dużą ich zmienność i dużą trudność utrzymania stanów na stałym poziomie.

<sup>33</sup> Por. L. von Bertalanffy 1984, s. 16.

<sup>34</sup> Por. M. Mazur 1966, s. 49.

Powracając na grunt psychologicznej problematyki niezawodności można powiedzieć, że ujęcie systemowe wymaga, aby konkretna jednostka wykonująca konkretne zadania była rozpatrywana w kontekście szerszej relacji: układ i jego funkcje. W takim razie konieczne jest uwzględnienie *współzależności*. jednostka działająca - system funkcjonujący, tzn. uzależnianie funkcjonowania jednostki od funkcjonowania układu oraz funkcjonowania układu od funkcjonowania jednostki. Konieczne jest przy tym rozróżnienie dodatkowe: układ jako całość i różne jego elementy. A więc ważne jest poszukiwanie odpowiedzi na pytanie, jakie zależności istnieją między funkcjonowaniem konkretnej jednostki oraz układu jako całości i poszczególnych jego ogniw funkcjonalnych (zarówno osób jak i przedmiotów i odwrotnie). Poszczególne elementy jak gdyby „oczekują” czegoś od siebie nawzajem i w tym oczekiwaniu mogą zostać zawiedzione lub nie, mogą być zawodne lub niezawodne.

Niezawodność człowieka jest więc, zgodnie z ujęciem systemowym, cechą ściśle związaną z kontekstem systemowym jego działania. Oznacza to, że nie może być ona rozpatrywana w oderwaniu od układu, w którym człowiek pełni określoną funkcję lub odgrywa określoną rolę. Z pełnieniem tych funkcji wiąże się kwestia unikalnych zdolności człowieka. Są one dostrzegane przez przedstawicieli techniki i wysoko cenione z powodu znacznego stopnia zawodności technicznych elementów układów, złożoności zadań stawianych tym układom, złożonego charakteru potencjalnych dysfunkcji oraz dużej częstotliwości pojawiania się uszkodzeń. Zakłada się, że udział człowieka zapewni względnie niezawodne funkcjonowanie układu jako całości. Człowiek pełni więc rolę *koordynatora* działania poszczególnych podukładów i ma za zadanie skutecznie przeciwdziałać negatywnym wpływom otoczenia.

W tym miejscu znów trzeba przypomnieć, że w takim ujęciu ściśle łączenie niezawodności z błędem nie oddaje istoty sprawy. Dobre funkcjonowanie układu jako całości polega bowiem nie tylko na bezbłędności człowieka czy bezusterkowości elementów technicznych, lecz także na przewyżczeniu przez człowieka rutynowych, zalgorytmizowanych działań. Jednostka zawodna to nie tylko ta, która przez swój błąd utrudnia czy uniemożliwia innym ogniom układu wykonywanie ich funkcji (lub funkcjonowanie układu jako całości), lecz także ta, która przez swoje nawet bezbłędne postępowanie uniemożliwia lub utrudnia osiąganie celów nowych, które wyłoniły się z nowego, szerszego kontekstu sytuacyjnego, w związku ze zmieniającymi się cechami i stanami poszczególnych elementów układu i relacji między nimi. Przy tym ujęciu okazuje się, że nie wszystkie błędy mają związek z niezawodnością układu, lecz tylko te, od których zależy funkcjonowanie układu jako całości lub poszczególnych jego części.

Odpowiednio do podanej wyżej złożonej zależności funkcjonalnej między człowiekiem jako elementem wyróżnionym, współprzyczyniającym się do powodzenia układu jako całości oraz poszczególnych elementów, można powiedzieć, że działanie człowieka jest nastawione na:

- wykonywanie zadań związanych z realizacją celu stojącego przed układem (jego główna funkcja);
- zapewnienie bezpieczeństwa układu jako całości i jego poszczególnych części, w tym bezpieczeństwa własnego oraz osób z nim współdziałających; w praktyce funkcja ta sprowadza się do usuwania zagrożeń lub zapobiegania im.

Szczególne znaczenie ma w tej sytuacji komunikacja między personelem znajdującym się wewnątrz poruszających się obiektów technicznych (samoloty, statki, samochody, sputniki itp.) a personelem kierującym ruchem tych obiektów. Udział człowieka jest tu niezbędny, gdyż nie wymyślono lepszych sposobów porozumiewania się niż język ludzki.

Tak więc człowiek pełniący funkcje operatora w układzie technicznym, z jednej strony, reguluje sytuację układu jako całości, z drugiej zaś, reguluje własną sytu-

ację w obrębie tego układu. Stąd można rozróżnić regulację główną i pomocniczą, stosownie do szerszego i węższego kontekstu sytuacyjnego: układu jako całości w otoczeniu i człowieka w układzie technicznym, stanowiącym jego bezpośrednie środowisko pracy. Człowiek reguluje własną sytuację ze względu na konieczność regulowania sytuacji, w jakiej znajduje się powierzony jego pieczy układ jako całość.

Wartość ujęcia systemowego polega jeszcze, jak się wydaje, i na tym, że nie odrzuca z góry i nie eliminuje żadnego poziomu analizy. Przeciwnie, pozwala „uszanować” ów uproszczony pogląd na zawodność człowieka jako na funkcję jego błędów, jak również przewyciężyć to uproszczenie. Dzieje się tak dlatego, że te różne poziomy analizy są komplementarne, uzupełniają się. I tak np. zalecając rozpatrywanie układu jako pewnej całości teoria systemów zwraca jednocześnie uwagę na konieczność analizy owej części, jej struktury i funkcji elementów składających się na tę właśnie część. Oznacza to, że podejście systemowe jest zarazem podejściem psychologicznym, gdy analizujemy psychikę jako funkcjonalną całość, oraz podejściem wychodzącym poza obręb psychologii, gdy analizujemy funkcje człowieka w szerszym kontekście. Słowem, ujęcie systemowe nie redukuje klasycznych sposobów psychologicznej analizy zachowania się człowieka, lecz poszerza kontekst rozważań, oferując nową perspektywę patrzenia na zjawiska i procesy psychiczne.

Odzwierciedlenie tego teoretycznego stanowiska znajdujemy w pracy B.F. Łomowa (1984), który proponując ujęcie systemowe jako podstawowe narzędzie i naczelną dyrektywę metodologiczną w badaniach psychologicznych, rozróżnia poziom mikrostruktury i makrostruktury, zwracając jednocześnie uwagę, że każde badanie należałoby rozpoczynać od analizy makrostruktury, czyli od szerszego kontekstu, w którym tkwi człowiek, a następnie przechodzić do analizy mikrostruktury, czyli poziomu procesów i mechanizmów psychicznych rządzących zachowaniem się człowieka w tym szerszym układzie. Korzystając z tego rozróżnienia można byłoby zatem powiedzieć, że błąd człowieka w analizie makrostruktury jest przejawem zaburzenia procesów regulacyjnych działania głównego, a błąd analizowany na poziomie mikrostruktury jest wskaźnikiem zaburzenia procesów regulacyjnych działania pomocniczego.

Analizując pracę człowieka w układzie trzeba pamiętać, że człowiek jest zarazem częścią i całością samą w sobie, jest jednocześnie podporządkowany i autonomiczny, „równy” i wyróżniony z uwagi na swe unikalne cechy i unikalne zadania. W analizie niezawodności człowieka także należy przyjmować to rozróżnienie, gdyż pozwala ono analizować jego zachowania nie tylko z punktu widzenia bezbłędności czy skłonności do popełniania błędów, lecz także z punktu widzenia umiejętności ich unikania i prewencji.

Człowiek może być rozpatrywany jako element różnych układów: społecznych i technicznych, a najczęściej jest elementem całości składających się zarówno z elementów technicznych jak i z innych osób. Najwięcej konkretnych danych pochodzi jednak z analizy pracy typu operatorskiego, dlatego w niniejszej pracy skupiono uwagę na pracy człowieka w złożonych układach technicznych typu człowiek-obiekt techniczny-otoczenie. Aby przedstawić złożoność relacji zachodzących między człowiekiem i obiektami technicznymi w procesie sterowania ich ruchem, omówimy charakterystykę układu technicznego, w którym człowiek pełni funkcję operatora.

### **7.2.1. Charakterystyka układu człowiek-obiekt techniczny-otoczenie**

Układ techniczny jako całość, w którym człowiek pełni funkcje operatora, można przedstawiać za pomocą czterech charakterystyk

- charakterystyki *celu* (tzw. „produkcji”),

- charakterystyki *stanu* układu lub poszczególnych jego części,
- charakterystyki *miejsca*, w którym układ się znajduje, czyli jego *pozycji*,
- charakterystyki *otoczenia* układu.

Ze względu na „produkcję” można powiedzieć o układzie, że jest mniej lub bardziej efektywny, że zmienia się jego cel, odracza się jego realizacja itp. Ze względu na stan można mówić o aktywności układu; układ może być w stanie operatywnym, częściowo operatywnym lub wyłączonym z działania. Jeśli chodzi o pozycję układu, to można powiedzieć, że ma on określoną liczbę cech statycznych i dynamicznych, zaprogramowanych w czasie i przestrzeni. O otoczeniu - że ma cechy stałe lub zmienne, dające się opisać w terminach fizykalnych. Otoczenie systemu tworzy szerszy kontekst sytuacyjny, który zmieniając się może wyznaczyć nowe wymagania wobec układu, które aby osiągnąć cel, należy odczytać, zrekonstruować *etc.*

Realizacja zadań, ze względu na które układ jest zorganizowany, wymaga, aby jego elementy znajdowały się w stanie operatywnym lub kompensowanym przez równoległe układy zabezpieczające. Operacje związane z realizowaniem zadań są regulowane przez program układu w określonych granicach tolerancji i mają na celu integrowanie wszystkich funkcji układu. Operator dzieli więc wysiłek na wykonywanie programu operacyjnego, kontrolę *stanu*, w jakim znajduje się układ oraz czuwanie nad jego *pozycją*, zdając sobie jednocześnie sprawę, w jakim *otoczeniu* procesy te przebiegają. Naczelnym zadaniem człowieka w układzie jest więc estymacja pierwszeństwa zadań; zależy ona od trwałych cech osobowości, wykształcenia i zdobytego w toku pracy doświadczenia.

Jeśli np. dzieląc swój wysiłek między kontrolę pozycji układu i kontrolę jego stanu, operator ma tendencję do wykonywania tych czynności na niższym poziomie, to zaniedba raczej stan układu, co może spowodować wzrost ryzyka uszkodzenia lub dysfunkcji układu. Natomiast jeśli ma tendencję do superkontroli, to będzie dawał pierwszeństwo czynnościom związanym z kontrolą stanu układu, a nie zadań, tzn. będzie działał bezpiecznie, lecz nieefektywnie. A od człowieka pełniącego określoną rolę w układzie wymaga się, aby działał zarazem efektywnie i bezpiecznie<sup>35</sup>.

Charakterystyka układu ze względu na jego cel, stan, w jakim się znajduje, pozycję i otoczenie pozwala w sposób najbardziej ogólny opisać sytuację człowieka pełniącego rolę operatora w tym układzie. Jeśli dodamy do tego wspomnianą wyżej ogromną złożoność układu, małą stabilność i wysoki stopień awaryjności, nietrudno będzie wyobrazić sobie charakter potencjalnych trudnych sytuacji. Warto zauważyć, że wyjściowy stan równowagi między wymaganiami stawianymi człowiekowi a jego możliwościami w wielu rodzajach pracy operatorskiej jest na najwyższym poziomie, mówiąc językiem potocznym, jest bardzo „wysrubowany”, i utrata owej równowagi jest bardzo prawdopodobna. Dlatego np. w odniesieniu do pilotów prowadzi się nie tylko dobór kandydatów, lecz również intensywne i specjalistyczne szkolenie, długotrwały trening sprawnościowy, a przed startem diagnozuje się nie tylko stan pilota, lecz także jego samopoczucie i tzw. „chęć” odbicia lotu (C. Lager 1974).

Ogólnie biorąc, możliwość wystąpienia i trwania sytuacji trudnych dla człowieka pełniącego rolę w układzie jest znaczna, a świadomość tego jest dodatkowym czynnikiem napięcia psychicznego. Niezawodność człowieka polega na zachowaniu wysokiego poziomu efektywności działania i jego bezbłędności w sytuacjach

<sup>35</sup> Weźmy przykład z dziedziny transportu samochodowego. Dowiezienie określonego ładunku to cel produkcyjny układu, w którym znajduje się operator (np. kierowca ciężarówki). Wybór drogi, czasu i miejsca pobrania paliwa, spożycia posiłku i odpoczynku to czynności składające się na program tzw. pozycji. Utrzymanie pojazdu w odpowiednim stanie, posiadanie zapasu paliwa, zapewnienie odpowiedniej temperatury, ciśnienia oleju itp. to realizacja programu związanego ze stanem układu. Zaliczyć tu także trzeba czuwanie nad stanem drogi, uwzględnienie warunków atmosferycznych itp. Paradoks polega na tym, że zadanie główne wymaga czynności rutynowych, natomiast zadania pomocnicze i niespecyficzne wymagają myślenia twórczego i niekiedy maksymalnego zaangażowania sił operatora.

trudnych. Sytuacje te polegają na gwałtownym lub stopniowym zaburzeniu równowagi między stawianymi człowiekowi wymaganiami a możliwościami ich spełnienia. Przykładem nagłych zmian zaburzających równowagę są awarie prowadzące do sytuacji zagrożenia bezpieczeństwa układu. Przykładem zmian stopniowo narastających, prowadzących do stanu przeciążenia operatora jest nadmierny dopływ informacji pochodzących z wielu źródeł i wymagających natychmiastowego przetworzenia.

W dotychczasowych badaniach analizowano głównie wzajemne i zwrotne powiązania między człowiekiem a pozostałymi elementami układu (najczęściej technicznego) przyrównując człowieka do maszyny i przypisując mu na zasadzie analogii cechy ogniw maszynowych: wytrzymałość, bezusterkowość, naprawialność, sprawność, długowieczność, trwałość, *etc.* Natrafiano jednak ciągle na trudności przy opracowywaniu matematycznych wskaźników tych cech w odniesieniu do człowieka (próby takie podejmowali: W.D. Niebylicyn 1969, D. Meister, G.F. Rabideau 1969, A.I. Siegel, J.J. Wolf, A.R. Williams 1979). W badaniach tego typu człowiek jest traktowany instrumentalnie, a badacz ma na celu ustalenie empirycznych danych wyjściowych, które można by wstawić do wzoru matematycznego opisującego niezawodność pod określonym względem całego układu. Nie umniejszając wagi tych wysiłków, trzeba wyraźnie powiedzieć, że traktowanie człowieka jako „czarnej skrzynki” bez próby zrozumienia, co zachodzi zarówno wówczas, gdy człowiek popełnia błędy i uchybienia jak i wówczas, gdy ich unika mimo istnienia sytuacji trudnych, nie może doprowadzić do wyjaśnienia, na czym polega niezawodność (lub zawodność) człowieka.

Wydaje się, że istotną przeszkodą na drodze do zintegrowania wiedzy technicznej oraz wiedzy psychologicznej o systemach jest brak teoretycznej analizy procesów regulacji psychicznej, która determinuje zarówno procesy oraz stany człowieka jak i, przynajmniej do pewnego stopnia, procesy oraz stany układu. Zrozumienie, na czym polega i jak przebiega regulacja niezawodnego działania, wymaga badań nad zachowaniem się człowieka w konkretnych układach i konkretnych warunkach, czyli analizy konkretnych sytuacji człowieka w układzie.

Jak wynika z literatury, często cytowanej w tej pracy, stosunkowo bogata jest wiedza na temat pracy pilotów, kosmonautów, dyżurnych ruchu lotniczego. Praca typu operatorskiego występuje jednak również w wielu innych dziedzinach transportu. Ponadto niezawodność człowieka w pracy można analizować także w kontekście układów społecznych, w toku pracy produkcyjnej i usługowej, a także w życiu pozazawodowym. O niezawodności człowieka można mówić w odniesieniu do wszystkich sytuacji, które się mogą przerodzić w sytuacje trudne i powstanie konieczność ich regulacji za pomocą mechanizmów psychologicznych.

### **7.3. Psychologiczna koncepcja regulacji sytuacji trudnych**

Aby wyjaśnić istotę niezawodności człowieka, trzeba było przede wszystkim wyodrębnić te sytuacje, w których się ona najwyraźniej manifestuje. Ma to miejsce wówczas, gdy aktywność człowieka przebiega w złożonych warunkach. Wyjaśnienie to wiąże się więc z odpowiedzią na pytanie, jak to się dzieje, że w sytuacjach, gdy według wszelkich oczekiwań człowiek może okazać się zawodny i konsekwencje jego zawodności są szczególnie dramatyczne, daje on sobie radę wychodząc jak gdyby poza granice własnych możliwości?

Aby wyjaśnić na czym polega proces regulowania przez człowieka sytuacji trudnych, od razu należy zwrócić uwagę na niezwykle złożony, wielostopniowy i wieloaspektowy charakter tej regulacji. Sytuacja człowieka, zgodnie z teorią sytuacji T. Tomaszewskiego (1983, 1984), jest co najmniej dwupoziomowym ukła-



dem. „Na pierwszy z nich składa się to, co ma *znaczenie* ze względu na regulację *sytuacji*, na drugi zaś to, co ma znaczenie dla przebiegu *czynności* regulacyjnej. Do odróżnienia tych dwu poziomów regulacji stosuje się termin: *regulacja* dla aktywności regulacyjnej głównej oraz *sterowanie* dla aktywności regulacyjnej pomocniczej. Reguluje się sytuację, steruje zaś czynnościami zmierzającymi do osiągnięcia wyniku. Rozróżnia się więc motywację do zmiany sytuacji i motywację do wykonywania czynności, które tę zmianę spowodują (podkreślenia -Z.R.)”<sup>36</sup>.

Regulowanie sytuacji trudnych polega na dążeniu do przywrócenia stanu normalnego, tzn. stanu *równowagi* między wymaganiami stawianymi człowiekowi przez sytuację i możliwościami człowieka spełniania tych wymagań. Tak więc można mówić o motywacji do przywracania równowagi i motywacji do wykonywania czynności, które tę równowagę spowodują. Motywacją pierwszego rodzaju zostaje uruchomiona w momencie dostrzeżenia rozbieżności między stanem własnym i stanem jakiegokolwiek elementu układu (tj. jego pozycji), zmiany stanu otoczenia lub zmiany zadań. Motywacja drugiego rodzaju powstaje w wyniku konkretnej diagnozy stanu własnego lub pozostałych elementów układu. Regulowanie sytuacji trudnej odbywa się na podstawie standardu ewaluatywnego rozbieżności między wymaganiami a możliwościami, natomiast regulowanie czynności (czyli sterowanie) - na podstawie standardu ewaluatywnego dotyczącego własnego stanu (np. napięcia, lęku, zmęczenia) lub stanu układu (np. uszkodzenie, usterka, chaos informacyjny). Wysoki poziom procesów regulacyjnych zależeć więc będzie od umiejętności odzwierciedlenia owej różnicy między stanem normy i stanem aktualnym w odniesieniu do siebie oraz w odniesieniu do układu. O roli standardów ewaluatywnych będzie mowa w oddzielnym paragrafie tego rozdziału. Tu analizujemy sytuacje trudne z uwagi na ich erogenny charakter. Niezawodność człowieka w tym kontekście to jego zdolność do unikania błędów w sytuacjach erogennych. Zachowanie znacznej niezawodności jest możliwe dzięki wysokiemu poziomowi procesów regulacyjnych dwojakiego rodzaju: w sytuacjach trudnych przekształcenie ich w sytuacje normalne oraz przywracanie utraconej równowagi między możliwościami człowieka i wymaganiami stawianymi przez układ.

Niezawodność jednostki związana ze zmiennością otoczenia polega na umiejętności wprowadzania zmian w relacji wymagania - możliwości osobiste. Przez wymagania rozumiemy zadanie do wykonania w określonych warunkach (a więc przy określonym układzie możliwości obiektywnych, materialnych i organizacyjnych). Możliwości osobiste są związane z cechami, stanami i działaniami jednostki.

Jednostka niezawodna przez swoją aktywność kontroluje nie tylko niezawodność własną, lecz także niezawodność systemu (od którego sama zależy) oraz niezawodność niektórych innych elementów.

Ścisłe łączenie niezawodności z błędami w wykonywaniu konkretnych zadań, nawet przy przyjęciu roli układu jako systemu szerszego, wiąże się z myśleniem statycznym, nie uwzględniającym zmienności. Tymczasem w układach zmiennych potrzebne jest uwzględnienie zmienności zadań i zmienności metod ich wykonywania.

Błędy mogą powstawać w sytuacjach zarówno normalnych jak i trudnych: większe znaczenie praktyczne i większą wartość poznawczą mają badania nad powstawaniem błędów lub ich unikaniem w sytuacjach trudnych, gdyż wówczas z większą wyrazistością ujawniają się unikalne zdolności człowieka do regulowania własnych stanów i własnych zachowań. Proces regulacyjny odbywa się w dwojaki sposób:

- przez kontrolę własnych *możliwości* (bezpośrednią i pośrednią) polegającą na bezpośrednim wpływaniu na własne cechy i stany oraz na wprowadzaniu zmian do otoczenia lub też zmian w otoczeniu,

<sup>36</sup> T. Tomaszewski 1983, s. 77 -78.

- przez kontrolę *wymagań*, również w sposób bezpośredni lub pośredni, polegającą na działaniach prewencyjnych lub wówczas, gdy wystąpią zakłócenia - na ich szybkiej korekcji.

Kontrola własnych możliwości oraz kontrola wymagań mogą się wzajemnie uzupełniać, nakładać, a ich efekty wzmacniać lub osłabiać. Dlatego można również mówić o regulowaniu wzajemnej relacji możliwości i wymagań. Na przykład obniżenie się wydolności człowieka zwiększa relatywnie wymagania, a zawyżenie wymagań zwiększa rozbieżność między normalną wydolnością człowieka a wydolnością aktualnie potrzebną.

### 7.3.1. Kontrola własnych możliwości

Kontrola nad własnymi stanami (a do pewnego stopnia również cechami) człowieka w układzie jest niezbędna ze względu na to, że w miarę upływu czasu zarówno naturalny przebieg procesów pracy jak i występowanie zdarzeń nieoczekiwanych oraz z reguły silnie zagrażających powodują obniżenie się wydolności człowieka. Jest to podstawowa forma utraty możliwości, polegająca na wyczerpywaniu się sił psychicznych i fizycznych, polegającym na zmniejszeniu się pojemności pamięci, zawężeniu pola uwagi, obniżeniu wrażliwości sensorycznej, dezautomatyzacji wprawy, ogólnym poczuciu subiektywnego zmęczenia. Przywrócenie normalnej wydolności wymaga specjalnych zabiegów, które, jak wspomniano wyżej, mają charakter bezpośredni i pośredni.

Umiejętności kontrolowania własnych możliwości nabywa się głównie przez trening i szkolenie oraz przez długotrwałe niekiedy zdobywanie doświadczenia. Jak wykazały badania pilotów, treningowi podlega także umiejętność kontrolowania własnych stanów fizjologicznych, takich jak np. częstość uderzeń serca na minutę (G.T. Bieriegowej i in. 1974). Nieomal każda cecha człowieka, a w pewnym zakresie także wiele stanów człowieka, zmienia się pod wpływem treningu. Zapewnienie wysokiego poziomu kontroli polega w tym przypadku na treningu wytrzymałości, umiejętności utrzymania na stałym poziomie wielu stanów z natury zmiennych mimo działania czynników zakłócających i dystraktorów - nieodpowiednia temperatura, niewłaściwe ciśnienie, zmiana warunków biometeorologicznych, zaburzenia wewnętrzne powstałe na skutek działania czynników farmakologicznych lub gwałtownych zmian chorobowych. Przykładem najbardziej uniwersalnego sposobu zwiększania kontroli nad własnymi możliwościami człowieka jest trening autogenny. Jego wpływ został eksperymentalnie pokazany w badaniach prowadzonych przez K. Migdała i J. Paciorka (1987) w laboratorium psychologicznym przy Wyższej Szkole Oficerskiej w Dęblinie, gdzie kształcą przyszłych pilotów.

Kontrola własnych stanów może np. polegać na wzmożonej koncentracji uwagi, jej dzieleniu na dwa przedmioty jednocześnie, na szybkim zapominaniu wykorzystanej informacji, aby zrobić miejsce dla nowej porcji informacji w magazynie pamięci operacyjnej itp. Wszystko to są bezpośrednie sposoby kontrolowania własnych stanów i własnych procesów psychicznych. Kontrola pośrednia polega na „obcinaniu” alternatyw drzewka decyzyjnego, dokonywaniu wyboru informacji istotnych, czyli ich filtrowaniu, integrowaniu napływającej informacji w większe „kęsy” (H.A. Simon 1974), regulowaniu dopływu stymulacji stanowiącej ogólne tło, na którym przebiega praca itp.

Przywracanie utraconych możliwości, rozumianych jako stany chwilowe, odbywa się dzięki dozowaniu wysiłku, umiejętności odprężania się, relaksu, odpoczynkowi, wyłączeniu się z toku działania w celu nabrania sił, gwałtownej mobilizacji energii, silnej motywacji do sprostania zadaniom za wszelką cenę, gotowości do podjęcia ryzyka.

Ogólnie biorąc kontrola nad własnymi możliwościami człowieka, zarówno w dłuższych jak i krótszych odcinkach czasu, jest możliwa dzięki zdolności do re-

stytucji utraconych sił, zdolności do mobilizacji rezerw energetycznych i psychicznych, rozszerzeniu tolerancji na stres oraz umiejętności neutralizowania szkodliwych czynników otoczenia. Wszystko to ma, oczywiście, swoje granice. Dlatego też utrata kontroli nad własnymi możliwościami w sytuacjach trudnych jest zjawiskiem normalnym i oczekiwanym w świetle praw fizjologii i psychologii, utrzymanie zaś jej na wysokim poziomie budzi podziw i niekiedy zdumienie. Mówi się wówczas, że człowiek przekroczył granice swoich możliwości, przeszedł samego siebie, okazał się naprawdę niezawodny. W ślad za tym powstaje pytanie, jak to się stało, że zaistniał ów wysoki poziom kontroli własnych możliwości? Na pytanie to spróbuję odpowiedzieć w jednym z dalszych paragrafów tego rozdziału. Obecnie wypada omówić, w jaki sposób człowiek kontroluje stawiane mu wymagania.

### **7.3.2. Kontrola wymagań**

Regulowanie sytuacji przez kontrolę wymagań dla człowieka pełniącego określoną rolę w układzie technicznym jest czymś znacznie trudniejszym niż jej regulowanie przez kontrolę własnych możliwości. Dzieje się tak dlatego, że wymagania są w dość sztywny sposób zaprogramowane przez konstrukcję układu oraz rodzaj celów, które mają być osiągnięte. Z drugiej zaś strony, jak wspomniano, układy są bardzo złożone, mało stabilne oraz cechują się wysokim stopniem awaryjności, co powoduje, że wymagania mogą zmienić się w sposób nieoczekiwany i na ich kontrolę operator może mieć bardzo niewiele czasu. Chodzi o to, że nieoczekiwane zmiany zachodzące w stanach układu lub w jego otoczeniu powodują zazwyczaj gwałtowny wzrost wymagań, a nie ich obniżenie.

Kontrola wymagań może więc być konieczna w związku z obniżającą się lub obniżoną z jakichś powodów wydolnością człowieka lub w związku z gwałtownymi zmianami w stanie układu, co pociąga za sobą wzrost zagrożenia (niebezpieczeństwo). Kontrola ta odbywa się w sposób bezpośredni i pośredni. Kontrola bezpośrednia polega np. na ignorowaniu mniej ważnych sygnałów lub zadań i tworzeniu nowej ich hierarchii oraz nowej kolejności ich wykonywania. W sytuacji awaryjnej operator pomija sygnały związane z realizacją celu i skupia uwagę na zadaniach związanych z diagnozą stanu obiektu, a następnie, o ile to możliwe, zajmuje się naprawą uszkodzenia. Bezpośrednia kontrola wymagań może także polegać na włączeniu układów zabezpieczających, powtarzaniu czynności sprawdzających stan układu, szybkiej korekcie dostrzeżonych usterek lub usunięciu braków.

Pośrednia kontrola wymagań może się odbywać przez reorganizację całości sytuacji operatora, tj. przez zmianę celu działania lub przez zmianę sposobów jego realizacji (np. zmianę trasy lotu lub przejazdu w przypadku pojazdu). Tego rodzaju kontrola może także polegać na zabiegach prewencyjnych, ingerowaniu w planowanie zadań, systematycznych przeglądach technicznych urządzeń i podukładów, włączeniu do pracy dublerów lub osób wspomagających w momentach szczególnego spiętrzenia zadań itp.

Zarówno bezpośrednia jak i pośrednia kontrola wymagań może wpływać z nadrzędnej dyrektywy postępowania, nakazującej, aby wszystkie działania człowieka w układzie były maksymalnie ostrożne, dokładne, bezbłędne. Dyrektywa ta wiąże się z koniecznością stałego czuwania nad relacją między możliwościami człowieka i wymaganiami sytuacji w celu przywracania zakłóconej między nimi równowagi.

### 7.3.3. Kontrola równowagi między możliwościami a wymaganiami

Pozostaje do wyjaśnienia, w jaki sposób człowiek dokonuje regulowania relacji między własnymi możliwościami a stawianymi mu w zmieniających się sytuacjach wymaganiami, czyli jak odbywa się proces przywracania względnej równowagi między tymi dwoma rodzajami zmiennych, tak aby utrzymana była możliwość osiągnięcia wyników i zapewnione bezpieczeństwo układu, czyli działanie człowieka przebiegało bez zakłóceń.

Można powiedzieć, że w pewnym stopniu oddziaływanie na jedną stronę relacji prowadzi do przywrócenia równowagi. Zwiększenie możliwości człowieka, np. zlikwidowanie chwilowego zmęczenia, zmniejszenie napięcia, usunięcie lęku, sprawia, że wysokie wymagania nie wydają się człowiekowi zbyt trudne do spełnienia, a świadoma zmiana wymagań to zarazem dostosowanie ich do własnych możliwości. Nie zmniejszając wagi dwu wyżej wymienionych uzupełniających się dróg regulowania równowagi, trzeba stwierdzić, że samo jej utrzymanie i wybór konkretnych wariantów postępowania jest odrębnym zadaniem dla systemu regulacyjnego człowieka. Chodzi tu o wybór strategii: zmieniać otoczenie czy ingerować we własne stany. Po dokonaniu wyboru należy podjąć decyzję w sprawie konkretnej strategii działania, a mianowicie działać w układzie równoległym czy sekwencyjnie.

W sytuacjach ekstremalnie trudnych relację tę należy nie tylko doprowadzić do stanu równowagi, lecz także zmienić poziom obu czynników. Na przykład w sytuacji dużej niepewności, konfliktu informacyjnego, działania czynników wybitnie szkodliwych, gwałtownie obniżających wydolność człowieka, konieczne jest zarówno obniżenie wymagań jak i pełna mobilizacja energii. Ważnym aspektem regulacji równowagi jest więc subiektywne określenie przez człowieka relacji własnych stanów oraz wymagań w sposób maksymalnie zbliżony do relacji obiektywnej. Ma to znaczenie w sytuacjach paniki, gdy pojawia się nadmierne napięcie psychiczne czy lęk. Człowiek subiektywnie odczuwa wówczas, że brak mu czasu, podczas gdy w rzeczywistości ma go pod dostatkiem, a więc wyolbrzymia wymagania i niedocenia własnych możliwości ich spełnienia. Osoby cechujące się subiektywnym poczuciem braku czasu zaprzestaną działania, co może spowodować pogorszenie się sytuacji, i tak już trudnej oraz złożonej.

Jeśli więc istotą niezawodności człowieka, mimo jego dużej podatności na błędy, jest spełnianie wymagań w sytuacjach erogennych, to cechą tę zawdzięcza wysokiemu poziomowi funkcji regulacyjnych. To właśnie one sprawiają, że w sytuacjach erogennych możliwe jest zapobieganie powstawaniu własnych błędów i uchybień układu oraz szybka ich korekcja.

Rozważmy teraz, w jaki sposób dochodzi do zakłóceń relacji równowagi, tzn. do powstawania sytuacji trudnych. Powstają one w dwojaki sposób:

- przez obniżenie normalnej wydolności człowieka,
- przez zawyżanie wymagań stawianych mu przez układ, w którym pełni rolę głównego ogniwa sterującego jego działaniem.

Sytuacje erogenne (trudne) wynikające z obniżenia się wydolności człowieka mogą powstawać na skutek działania czynników: psychologicznych, fizjologicznych, farmakologicznych oraz środowiskowych (środowisko fizyczne).

- Czynniki *psychologiczne* to różnorodne przypadkowe i wynikające z prawidłowości rządzących procesami oraz zjawiskami psychicznymi samoistne zakłócenia, takie jak obniżenie funkcji poznawczych, spostrzegania, uwagi, pamięci (szczególnie pamięci operacyjnej), myślenia, a zwłaszcza rozumowania i rozumienia, zmiany procesów emocjonalno - motywacyjnych (napięcie psychiczne i stres emocjonalny oraz zniechęcenie). Można tu także zaliczyć stany zmęczenia i ogólnego wyczerpania.

- Czynniki *fizjologiczne* - zaburzenia ogólne w funkcjonowaniu organizmu lub poszczególnych jego układów (np. układu krążenia, oddechowego, wydzielania), gwałtowne bóle, choroby, niedomagania, omdlenia. Wskaźnikami stanów obniżonej wydolności powstałej na skutek działania czynników fizjologicznych są głównie: częstość uderzeń serca, zmienność rytmu serca (wariancja średniej), poziom objętości płuc oraz ciśnienie tętnicze krwi.
- Czynniki *farmakologiczne* - zatrucia przez leki, substancje toksyczne, gazy, alkohol, zatrucia pokarmowe i inne. Czynniki farmakologiczne mogą wywoływać chwilowe obniżenie ogólnej wydolności człowieka, lecz mogą też w sposób trwały obniżyć jego sprawność, a nawet spowodować śmierć.
- Czynniki *środowiskowe*. Człowiek pracuje w bardzo różnorodnych środowiskach: pomieszczenia stałe i ruchome, na powierzchni i pod ziemią, na wodzie i pod wodą, w powietrzu, na otwartej przestrzeni, na wysokościach i w podziemiach. W każdym z tych typów środowiska inne czynniki będą przyczyniały się do obniżenia wydolności człowieka pod względem zarówno psychologicznym jak i fizjologicznym. Do najważniejszych czynników środowiska należą: światło i oświetlenie, powietrze, klimat, hałas, wibracje i promieniowanie jonizujące.

Warto dodać, że między czynnikami obciążającymi wydolność człowieka istnieją wzajemne powiązania; zmiana jednego czynnika może wywołać zmiany w działaniu pozostałych. Czynniki fizjologiczne mogą pośrednio wywołać skutki psychologiczne, takie jak chwilowe otamowania uwagi, zaburzenia pamięci, halucynacje itp., a czynniki natury psychologicznej (np. stres emocjonalny) - zaburzenia o charakterze fizjologicznym, takie jak wzrost częstości uderzeń serca, wzrost ciśnienia, bóle, a niekiedy utratę przytomności.

Omówimy teraz krótko sytuacje erogenne wynikające z zawyżenia wymagań, gdyż jest to drugie z najważniejszych źródeł zakłóceń równowagi między człowiekiem a jego otoczeniem.

- Zakłócenia *ładu organizacyjnego* (rutyny, utrwalonych schematów działania), sprawiające, że stosowane metody działania stają się nieadekwatne; wymaga to od człowieka opracowania nowych strategii działania, zwiększonego wysiłku, dodatkowych kontaktów z innymi ludźmi, poszukiwania nowych źródeł informacji, nowych niezbędnych narzędzi, układania nowych tras przemieszczania się obiektów itp.
- Zakłócenia przebiegu *procesów informacyjnych*, prowadzące do wzrostu poczucia niepewności lub ograniczonego zaufania. Można tu wymienić brak potrzebnych informacji, wynikający albo z braku własnej wiedzy, albo z zakłóceń komunikacyjnych utrudniających odbiór i przetwarzanie informacji. Zakłócenia procesów informacyjnych mogą także polegać na dopływie zbyt dużej ilości informacji, co z kolei staje się przyczyną chaosu informacyjnego, powodującego poczucie dezorientacji i bezradności poznawczej, uniemożliwiając sformułowanie prawidłowej diagnozy sytuacji. Poważnym czynnikiem zakłócającym normalny przebieg pracy w układzie jest występowanie konfliktów informacyjnych. Polegają one na tym, że napływające z różnych źródeł komunikaty są sprzeczne ze sobą lub z treścią informacji już posiadanej przez człowieka, a dysonanse poznawcze wtórnie mogą być źródłem zaburzeń emocjonalnych i stanów stresowych. Takie informacje powodują ogólny stan niepewności oraz budzą nieufność do źródeł i ocenianie ich jako niewiarygodne.
- Zdarzenia *losowe* o dużym stopniu zagrożenia zdrowia i życia człowieka. Są to zdarzenia nagłe, nieoczekiwane i niemożliwe do przewidzenia. Należą do nich katastrofy (np. tąpnięcia, wybuchy gazu, gwałtowne zmiany atmosferyczne, awarie sprzętu technicznego powstałe na skutek ukrytych wad materiału czy błędów konstrukcyjnych, nagłe zmiany organizacji pracy, form

współdziałania w grupach zadaniowych - ekipach ratowniczych). Wreszcie wszelkie zjawiska dotąd nie znane, budzące lęk, a nawet panikę. Ten rodzaj czynników powodujących wzrost wymagań budzi największe zainteresowanie badaczy zajmujących się niezawodnością człowieka, gdyż tego rodzaju sytuacje są w szczególnie sposób zaadresowane do jego właściwości. Odpowiadając na nie człowiek wykazuje niezawodność jako cechę unikalną, tylko jemu właściwą, gdyż w takich sytuacjach jest zmuszony do maksymalnej mobilizacji wszystkich sił, psychicznych i fizycznych, oraz umiejętności twórczego rozwiązywania problemów.

Proces regulacji sytuacji erogennych ma różne *wymiary*, różne *poziomy* i rozmaite konkretne *warianty*. Ich szczegółowy opis jest sprawą przyszłości. Dotychczasowe rozważania poparte przykładami pozwalają wyłonić dwa wymiary: *bezpośredni* i *pośredni*, odnoszące się zarówno do kontroli własnych stanów oraz cech jak i do kontroli cech oraz stanów układu.

Regulacja równowagi w sytuacjach erogennych ma także różne poziomy. Można wyróżnić co najmniej dwa poziomy ze względu na ich złożoność: poziom *elementarnych interwencji* w stany własne lub w stany układu (np. opanowanie lęku, utrzymanie stanu uwagi na tym samym poziomie, naprawa drobnego uszkodzenia, nadanie komunikatu o tym zdarzeniu innym osobom), od których zależy podjęcie decyzji o naprawie *etc.*, oraz poziom *złożonych zabiegów* diagnostycznych i czynności prognozowania przyszłych stanów własnych, stanów obiektu i relacji między nimi z uwagi na stojący przed człowiekiem cel do osiągnięcia.

Jeśli chodzi o konkretne warianty procesów regulacyjnych w sytuacjach trudnych, to wymienimy trzy:

- Wariant oparty na zasadzie *kumulowania* się wpływu zabiegów przeciwdziałających obniżaniu się wydolności człowieka lub wzrastaniu wymagań. Na przykład zmniejszenie liczby kanałów, przez które napływa informacja, i jednocześnie skupienie uwagi na sygnałach niosących informację najistotniejszą z punktu widzenia realizacji celu. Dobre wyszkolenie oraz umiejętność dozowania wysiłku opóźniającego wystąpienie stanu zmęczenia wzajemnie się wzmacniają. Zasada kumulowania się czynników przeciwdziałających obniżaniu się wydolności człowieka jest wykorzystywana przy powierzaniu zadań pilotom - oblatywaczom testującym nowy sprzęt w naturalnych warunkach.
- Wariant oparty na zasadzie *kompensowania* czynników przeciwdziałających obniżaniu się wydolności człowieka. Na przykład brak informacji może być skompensowany dodaniem czasu na podjęcie decyzji; w trakcie podejmowania decyzji człowiek wypełni lukę informacyjną poszukując informacji w zasobach własnej pamięci, w pamięci komputera lub personelu pomocniczego. Podobnie w sytuacji paniki albo nadmiernego lęku dodanie czasu może zmniejszyć subiektywne poczucie jego braku, uspokoić operatora, zmniejszając tym samym także subiektywne zapotrzebowanie na informację.
- Wariant oparty na zasadzie wyboru *strategii alternatywnych*. Strategie rozumiane są tu w swoisty sposób, jako przerywanie się z równoczesnego wykonywania pewnych czynności na wykonywanie ich w sposób sekwencyjny. Przykładem takiej strategii może być rezygnacja z jednoczesnego nastawienia na szybkość oraz na dokładność i przejście do nastawienia wybiórczego i sekwencyjnego, najpierw na dokładność, a dopiero potem na szybkość.

Być może takich wariantów jest więcej. Mogą być one wykryte dzięki obserwacjom pracy operatora w konkretnych układach i w konkretnych trudnych sytuacjach.

Podkreślając ogromną złożoność regulacyjnych procesów w sytuacjach trudnych przypomnijmy, że przedmiotem kontroli, jaką sprawuje człowiek, jest: proces realizacji celu, jaki stoi przed układem, stan układu, własne stany człowieka

w związku z tym, że wykonuje on określone czynności operatorskie i naprawcze lub pomocnicze wobec czynności głównych.

W najbardziej skrajnym przypadku niezawodność może się manifestować nie tylko zdolnością człowieka do przywracania równowagi między wymaganiami a możliwościami, lecz także jej rozchwianiem, gdy np. człowiek z własnej woli, zgodnie ze zmieniającymi się warunkami działania, sam sobie podnosi wymagania, aby osiągnąć cel (np. przejmuje obowiązki kolegi, który zasłabł, niedomaga, choruje). Taka regulacja zachowania się człowieka, aby było ono niezawodne, jest więc, z jednej strony, przywracaniem utraconej równowagi między wymaganiami a możliwościami własnymi, z drugiej zaś, pogłębieniem nierównowagi, gdy zachodzą nieoczekiwane zmiany warunków. Przywracanie równowagi może mieć miejsce w sytuacjach względnie stabilnych, a jej zachwianie - w sytuacjach gwałtownych zmian w szerszym kontekście działania układu.

Odpowiadając na główne pytanie postawione w tym rozdziale: jak zapewnić wysoki poziom niezawodności człowieka w układzie, można powiedzieć, że przez zapewnienie wysokiego poziomu procesów regulacyjnych. Człowiek osiąga tę umiejętność dzięki żmudnym ćwiczeniom w procesie szkolenia i treningów, zdobywając osobiste doświadczenia w wykonywaniu złożonych zadań w sytuacjach trudnych. Sprzyjającą okolicznością są dodatkowe urządzenia pozwalające człowiekowi dokonywać zmian we własnych stanach i stanach układu nie tylko w sposób bezpośredni, lecz także pośrednio, tj. regulować w procesie pracy relację własnych możliwości i zmieniających się wymagań. Dlatego też przy konstruowaniu owych układów powinno się uwzględniać nie tylko wiedzę o cechach antropometrycznych człowieka i jego potrzebach natury psychofizjologicznej, lecz także wiedzę o mechanizmach psychicznej regulacji sytuacji trudnych<sup>37</sup>.

Mówiąc o złożoności procesów regulacyjnych, podkreśla się głównie fakt złożoności przedmiotu, natomiast mniej mówi się o mechanizmach. Istotą każdej regulacji jest proces przyrównywania aktualnego stanu do jakiegoś wzorca. Odchylenie od wzorca jest sygnałem uruchamiającym określoną aktywność regulacyjną. Wzorec ten będzie tu nazywany *standardem ewaluatywnym* (A. Gołąb, J. Reykowski 1985). Powróćmy więc do zasygnalizowanego na s. 255 niniejszej pracy problemu standardów ewaluatywnych.

#### 7.3.4. Standardy ewaluatywne a regulacja w sytuacjach erogennych

Podstawową tezę tego podrozdziału jest, że reprezentacje konkretnych elementów układu, ich stanów oraz stanu własnego człowieka jako podmiotu sytuacji są ujmowane przez niego w kategoriach równowagi, wraz z kryteriami jej zachowania i wskaźnikami odchylenia się poszczególnych cech sytuacji traktowanych albo jako wymagania, albo jako możliwości człowieka. Wskaźniki owych odchyżeń od równowagi są źródłem negatywnych emocji. Wielkość negatywnej reakcji emocjonalnej jest prawdopodobnie proporcjonalna do wielkości owego odchylenia danego stanu od stanu optymalnego, czyli od relacji równowagi<sup>38</sup>. Stan optymalny to stan zgodny z kryteriami zachowania integralności układu i realizowania założonych funkcji. Potrzebne są więc określone standardy ewaluacji owej równowagi bądź

<sup>37</sup> Procesy regulacyjne w sytuacji trudnej determinujące niezawodność człowieka zależą więc od jego umiejętności spostrzegania własnych cech trwałych i własnych stanów przejściowych, np. siły woli i napięcia emocjonalnego, leżących u podstaw wytrzymałości, jak i obiektywnego poziomu tych właśnie cech i stanów. Regulacja sytuacji trudnej polegałaby w tym przypadku na doprowadzeniu własnego stanu emocjonalnego do poziomu optymalnego, mimo działania czynników obiektywnie zagrażających.

<sup>38</sup> Por. A. Gołąb, J. Reykowski 1985, s. 25 oraz O.A. Konopkin 1980, s. 236.

odchyleń od niej jednego z dwu omawianych tu składników: możliwości człowieka lub stawianych mu wymagań<sup>39</sup>.

9

Regulacyjna rola standardów ewaluatywnych polega na tym, że nadają one gratyfikacyjną wartość określonym stanom własnym podmiotu lub stanom układu przyczyniając się do wyłaniania lub hierarchizowania celów czynności. Może np. chodzić o rozstrzygnięcie, co w danej chwili ma pierwszeństwo: kontynuowanie zadań przewidzianych programem czy diagnoza uszkodzeń i ich naprawianie. Wartość gratyfikacyjna staje się zarazem kryterium dokonywania wyborów. W tym przypadku takim kryterium dokonywania wyborów staje się zachowanie życia lub zdrowia własnego albo innych ludzi (np. załogi, pasażerów) oraz zapewnienie bezpieczeństwa układu jako całości.

Wpływ jakościowego zróżnicowania standardów oceny na przebieg regulacji czynności prowadzących do wyrównania się poziomu możliwości i wymagań polega na tym, że w zależności od owego standardu i wielkości rozejścia się wymagań i możliwości ich spełniania różne będą warunki uruchamiania i zatrzymywania czynności prowadzących do przywrócenia równowagi i różny będzie też poziom ich wykonania. Z tego właśnie względu nabiera znaczenia orientacja we własnych stanach (możliwościach), w stanach układu, w stojących przed układem zadaniach (wymaganiach) oraz w tym, jakie mają one znaczenie dla aktywności człowieka w układzie<sup>40</sup>.

### 7.3.5. Unikalny charakter regulacji niezawodnego działania

Unikalny charakter regulacji niezawodnego działania człowieka polega przede wszystkim na tym, że jest to regulacja psychiczna, co oznacza, że jest ona świadoma i ma genezę społeczną, tzn. konkretne wymagania układu konstytuujące sytuację człowieka są integralną częścią wymagań nadrzędnych. Na przykład pilot odbywający rejs powietrzny wykonuje część zadań stojących przed firmą przewozową, a ta z kolei część zadań całego systemu transportowego kraju. Wobec tego można mówić o szerszym lub węższym kontekście sytuacyjnym, który stanowi tło konkretnych trudnych sytuacji człowieka, w których rozpatrujemy jego niezawodność. Świadomość tego szerszego, nadrzędnego, kontekstu sytuacyjnego i umiejętność odczytywania tych nadrzędnych wymagań w powiązaniu z własną niezawodnością wiąże się ściśle z *odpowiedzialnością* człowieka. Odpowiedzialność, zgodnie z potocznym rozumieniem, to poczucie, że coś, co powierzono pieczy człowieka, jakieś dobro, rzecz, stan rzeczy (np. bezpieczeństwo układu, życie i zdrowie pasażerów), nie poniesie uszczerbku, że ryzyko straty będzie minimalne. Mówiąc językiem teorii regulacji, można powiedzieć, że jest to poczucie gotowości do zapewnienia najwyższego poziomu procesów regulacyjnych w sytuacjach trudnych ze względu na znaczenie, jakie ma niezawodność człowieka w tym szerszym kontekście sytuacyjnym. Regulacyjne znaczenie poczucia odpowiedzialności dla niezawodnego działania polega więc na rozumieniu wymagań wyższego rzędu, nadrzędnych racji, wyższych konieczności *etc.* Subiektywne odzwierciedlenie

<sup>39</sup> J. Reykowski np. wyróżnia dwie klasy czynności podejmowanych przez podmiot w aspekcie regulowania swoich stosunków z otoczeniem: czynności mające na celu regulację stosunków z przedmiotami oraz czynności mające na celu regulację stanu lub sytuacji przedmiotu. W tym przypadku chodzi także o czynności, które regulować mają stan samego podmiotu (bez pośrednictwa przedmiotu) (A. Gołąb, J. Reykowski 1985).

<sup>40</sup> W wyniku analizy zachowania się dzieci w sytuacjach trudnych M. Tyszkowa ustaliła że zmiany aktywności podmiotu zależą przede wszystkim od poznawczego opracowania sytuacji na poziomie percepcyjno - - emocjonalnym. Wysoka jakość (adekwatność) poznawczego ujmowania sytuacji pozwala jednostce w pewnej mierze sterować swoimi emocjami i poddawać je kontroli, tzn. redukować napięcie emocjonalne, gdy jest ono zbyt duże, i podwyższać poziom emocji, gdy sytuacja (zadanie) tego wymaga. Destruktywne zmiany zachowania się w sytuacjach trudnych wywołane są głównie osłabieniem sprawności procesów poznawczych i zakłóceniami orientacji jednostki w układzie jej stosunków z otoczeniem (M. Tyszkowa 1986, s. 337).



tęgo szerszego kontekstu i zrozumienie tych nadrzędnych racji pozwala dostrzec sens własnej niezawodności, z której płynie siła motywacji do „dawania z siebie wszystkiego”, do pełnej mobilizacji sił i uruchomienia wszystkich rezerw. Jest to społeczna geneza owej unikalności niezawodnego działania człowieka<sup>41</sup>. Sądzić jednak można, że istnieje także głęboko wewnętrzna, niejako autonomiczna, motywacja odpowiedzialności. Człowiek chce dorównać swoim wyobrażeniem o tym, jak powinien zachować się w sytuacji trudnej. Przyjmując odpowiedzialność za powierzony sobie układ jako całość, czyni to ze świadomym rozumieniem konsekwencji własnych błędów i uchybień w realizowaniu powierzonych mu funkcji i silną motywacją niedopuszczania do tego, aby błędy te powstały. W tym sensie człowiek sam dokonuje oceny własnej niezawodności stając się jej podmiotem, a nie tylko przedmiotem manipulacji konstruktorów, programistów, dyspozytorów i kontrolerów. Potrafi świadomie przyjąć odpowiedzialność za układ i jego działanie, którego częścią jest on sam jako jego wyróżniony element.

To właśnie sprawia, że możemy mówić o unikalnych cechach człowieka i o paradoksach jego niezawodności. Unikalność cech zapewniających wysoką niezawodność człowieka jest związana z jego zdolnością do odczytywania znaczenia zmian, jakie zachodzą zarówno w sytuacji wyznaczonej konkretnym celem działania, jak i w owym szerokim kontekście sytuacji stanowiącym ogólniejszy kontekst działania. Poczucie odpowiedzialności jako nadrzędny mechanizm regulacyjny zachowania się człowieka w sytuacjach trudnych zawiera zarówno elementy poznawcze (odzwierciedlenie znaczenia, jakie ma niezawodność człowieka jako podmiot sytuacji w stosunku do owego szerszego kontekstu sytuacyjnego) jak i motywacyjne (silne pragnienie sprostania owym wymaganiom nadrzędnym). Jej geneza jest społeczna, a zarazem osobista. Człowiek jest istotą unikalną i ma zarazem unikalne znaczenie dla układu, którym steruje oraz dla realizacji zadań nadrzędnych.

Zrozumiała staje się myśl Pascala wyrażona w następujący sposób: „Cóż za monstrum jest tedy człowiek? Cóż za osobliwość, co za potwór, co za chaos, co za zbieg sprzeczności, co za dziw! Sędzia wszechrzeczy - bezrozumny robak ziemny: piastun prawdy - zlew niepewności i błędu; chluba i zakąła wszechświata”<sup>42</sup>.

Ze względu na opisane tu unikalne zdolności człowieka zapewniające mu wysoki stopień niezawodności w sytuacjach erogennych, człowiek jest obiektem, na który przedstawiciele techniki spoglądają albo z nabożnym podziwem i nadzieją, że potrafi „załatwić” wiele trudnych i nierozwiązywalnych na razie problemów wiążących się z zapewnieniem niezawodności układu technicznego, albo z nieufnością i niepokojem, nie potrafiąc oszacować prawdopodobieństwa straty, która może nastąpić na skutek gwałtownego obniżenia się poziomu jego procesów regulacyjnych.

Wywód przedstawiony w tym rozdziale można by streścić w następujący sposób: Niezawodność człowieka w układzie technicznym to jego zdolność do utrzymania wysokiej sprawności w sytuacjach erogennych. Zdolność do utrzymania wysokiej wydolności na wymaganym poziomie mimo nie sprzyjających warunków polega na utrzymaniu procesów regulacji sytuacji na wysokim poziomie, czyli na utrzymaniu lub przywróceniu równowagi między wymaganiami a możliwościami człowieka. Dzieje się to w dwojaki sposób:

- przez zwiększenie własnych możliwości,
- przez zmniejszenie wymagań stawianych przez układ lub jego otoczenie.

Charakterystyka układu w postaci opisu celu, który ma do spełnienia, pozycji, stanu oraz otoczenia pozwala w ogólnych zarysach opisać sytuację człowieka oraz

<sup>41</sup> Na przykład percepcja roli, jaką odgrywa dany zawód w realizacji planów życiowych jednostki, subiektywna ważność różnych aspektów aktywności zawodowej w osiąganiu tzw. sukcesu w pracy oraz waga, jaką człowiek przywiązuje do celów osiąganym przez pracę, w istotny sposób wpływają na rodzaj i poziom popełnianych błędów (J.W. Altman 1967, s. 12).

<sup>42</sup> B. Pascal 1977, s.

potencjalne rodzaje zakłóceń wyznaczających typ sytuacji trudnych i sposoby ich regulowania.

Regulacja sytuacji trudnych polega na kontroli:

- własnych stanów (a czasami cech),
- stanów obiektu i jego elementów,
- relacji między własnymi możliwościami i pojawiającymi się wymaganiami, czyli na czuwaniu nad stanem względnej równowagi.

Taka kontrola wymaga istnienia u człowieka standardów ewaluatywnych, czyli poznawczych reprezentacji pozwalających na odzwierciedlenie wszelkich odchyleń od standardów. Percepcja tych odchyleń jest źródłem negatywnych reakcji emocjonalnych, napięcia emocjonalnego, stresu, lęku, niezadowolenia, gorszego samopoczucia itp. Negatywne reakcje emocjonalne stają się inspiracją różnorodnych działań zmierzających do przywrócenia równowagi, czyli do przekształcenia sytuacji trudnej w sytuację normalną.

Przebieg procesu regulacji, jej charakter, zakres i konkretne warianty zależą od konkretnych sytuacji trudnych, spowodowanych albo zakłóceniami normalnej wydolności człowieka, albo gwałtownym wzrostem wymagań. Wszystkie rodzaje sytuacji trudnych są z natury erogenne, ale każda sytuacja konkretna w inny sposób organizuje proces regulacji zapewniający wysoką niezawodność.

Wysoki poziom procesów regulacyjnych jest konieczny ze względu na ogromną zmienność i złożoność sytuacji trudnych, które nierzadko przybierają postać ekstremalną, tj. taką, gdzie wymagania przybliżają się do górnej (maksymalnej) granicy możliwości człowieka. W tym miejscu można zapytać, czy człowiek nie płaci zbyt wysokiej ceny za uruchomienie mechanizmów regulacyjnych na tak wysokim poziomie? Tak, człowiek płaci bardzo wysoką cenę i nie należy niepotrzebnie narażać go na konieczność maksymalnej mobilizacji sił i uruchamiania wszystkich rezerw. Rzecz jednak w tym, że dopóki przedstawiciele techniki nie wymyślą lepszych sposobów zapewnienia niezawodności układom technicznemu, w których znajdują się ludzie i musi być zapewnione bezpieczeństwo ich życia i zdrowia, udział w układzie człowieka pełniącego funkcje operatorskie jest niezbędny.

W niniejszej pracy była głównie mowa o niezawodności człowieka w pracy typu operatorskiego oraz o mechanizmach regulacyjnych niezawodnego działania człowieka w układach technicznych. Niezawodność człowieka można jednak rozpatrywać również w kontekście układów społecznych w różnych środowiskach: praca, rodzina, grono przyjaciół *etc.*, a także w różnych typach organizacji i instytucji. We wszystkich tego rodzaju układach dodatkowego znaczenia nabiera wzajemna percepcja partnerów pod względem ich niezawodności we wspólnym działaniu. Ocena niezawodności partnera (grupy, instytucji) determinuje określony repertuar zachowań regulacyjnych typu zabiegi ostrożnościowe i asekuracyjne, czynności przygotowawcze, pomocnicze lub zapewniające środki przyszłego wspólnego działania. Zawodność lub niezawodność człowieka w układach społecznych jest więc podstawową determinantą zaufania interpersonalnego w stosunkach pracy.

Niezawodność człowieka, z jednej strony, wiąże się z odpowiedzialnością, z drugiej zaś, gdy przechodzimy na grunt układów społecznych, z zaufaniem. Te trzy pojęcia można rozpatrywać we wspólnym kontekście teoretycznym, jaki oferuje teoria systemów i psychologiczna teoria regulacji zachowania się człowieka w sytuacjach trudnych.

## 8. PERSPEKTYWY DAJSZYCH BADAŃ

Perspektywy badań w określonej dziedzinie wiedzy wynikają zarówno z jej aktualnego stanu jak i z obiektywnych potrzeb praktyki społecznej. Niniejsza książka, w zamiarze jej autorki, miała skłonić do refleksji nad tym, co należy badać w przyszłości, jakie stawiać pytania i problemy oraz w jaki sposób na nie odpowiadać. Nietrudno sformułować wniosek, że perspektywy tej dziedziny wiedzy psychologicznej są ogromne, a odpowiedź na niektóre pytania daleka od ostatecznego sformułowania w postaci tez sprawdzonych i udowodnionych.

Świadomość tego, że wiedza na temat niezawodności człowieka w pracy jest więcej niż skromna, budzi pewien optymizm. Jest on tym większy, że rośnie zainteresowanie psychologią niezawodności w dyscyplinach odległych od psychologii, lecz oferujących interesujące narzędzie analizy, w tym analizy matematycznej. Rokuje to wzrost poziomu rzetelności wyników badań podejmowanych przez psychologów i stymulację ich metodologicznego myślenia.

Jakie są pytania i jakie problemy, które wynikają, z jednej strony, z dotychczasowych badań oraz, z drugiej, z pytań stawianych przez praktyków pragnących wykorzystać wiedzę o niezawodności człowieka? Lista pytań, które można postawić, jest zapewne dłuższa od tej, którą niżej przedstawiam. Czytelnik może ją uzupełnić własnymi przemyśleniami.

1. Na czym polega tzw. paradoks niezawodności człowieka, to że, z jednej strony, ze względu na swoją złożoność człowiek łatwo ulega wpływom otoczenia, a jego działanie zakłóceniom, co jest źródłem większości zaburzeń w funkcjonowaniu układu człowiek-obiekt techniczny, a z drugiej strony, „psuje się ostatni” i w momentach zagrożenia awarią potrafi uratować układ przed zniszczeniem, zapobiec katastrofie, uniknąć wypadku?
2. Dlaczego określone osoby są bardziej niezawodne w pracy w sytuacjach trudnych, a nie w optymalnych? Na czym różnice te polegają? Czy wyjaśnienie dotyczące różnic temperamentalnych, a zwłaszcza różnic w zakresie zapotrzebowania na stymulację, są wystarczającym wyjaśnieniem tego faktu?
3. Jakie są typowe błędy popełniane w różnych rodzajach pracy, czyli jakie są „obiektywne” uwarunkowania błędów człowieka? Wbrew pozorom, wiedza na ten temat jest bardzo ograniczona. Banki danych o błędach stworzono w nielicznych resortach i w odniesieniu do nielicznych zawodów (bank taki istnieje np. w górnictwie, lecz nie ma go w kolejnictwie czy w innych dziedzinach praktyki związanej z transportem, gdzie zagrożenie wypadkami jest duże).
4. Jakie są typowe sytuacje, w których ludzie popełniają błędy? Typologia sytuacji erogennych ma ogromne znaczenie w praktyce projektowania nie tylko środków informacji oraz narzędzi sterowniczych, lecz także całości otoczenia człowieka w procesie pracy. Byłaby również ułatwieniem przy szacowaniu prawdopodobieństwa popełniania błędów, co jest niezbędne przy matematycznym modelowaniu czynności człowieka.
5. Jakie są relacje między błędami stałymi a błędami przypadkowymi, które popełnia człowiek w różnych sytuacjach pracy? Jest to jedno z najważniejszych pytań, dotyczących istoty mechanizmów regulacyjnych działania człowieka i mechanizmów popełniania przez niego błędów. Sugeruje się dwa odmienne podejścia w analizie tych mechanizmów: deterministyczne i probabilistyczne. Zadaniem psychologów jest odpowiednie zintegrowanie tych

dwu podejść i zrozumienie mechanizmu integracji, jaka zachodzi w umyśle człowieka wykonującego zadania pracy.

6. Czy istnieją dodatkowe ukryte możliwości człowieka (tzw. rezerwy) radzenia sobie w sytuacjach trudnych, zapewniające niezawodne jego funkcjonowanie? Być może istnieją określone mechanizmy kompensujące braki w jednej funkcji „nadwyżkami” sprawności innych funkcji psychicznych<sup>43</sup>.
7. Należałoby także wyjaśnić lub rozstrzygnąć problem czy niezawodność człowieka jest cechą raczej wrodzoną, czy raczej nabytą, stałą czy zmienną (jak np. skłonność do wypadków), innymi słowy, czy błąd jest „wmontowany” w mózg ludzki, a skłonność do jego popełniania jest cechą ufundowaną przez naturę, czy też jest wynikiem uczenia się. Badania nad temperamentalnymi uwarunkowaniami ludzkiego działania wskazują na to, że istnieją pewne wrodzone dyspozycje do popełniania błędów określonego rodzaju (np. przepuszczanie sygnałów lub fałszywe alarmy), a wyniki badań nad wpływem uczenia się tzw. zachowań ostrożnych i nad motywacją unikania błędów świadczą o tym, że przy odpowiednim nastawieniu człowiek może osiągnąć bardzo wysoki stopień niezawodności działania<sup>44</sup>.
8. Kolejnym zagadnieniem wartym rozstrzygnięcia jest zagadnienie ogólności, z jaką analizujemy niezawodność człowieka. Innymi słowy, chodzi o ustalenie czy niezawodność jest cechą globalną, czy też parcjalaną. Czy np. niezawodność takich funkcji jak pamięć i uwaga formuje się niezależnie od niezawodności innych funkcji oraz w czym się ta zależność wyraża? Jakie są mechanizmy kompensacji zawodnych funkcji? Wiąże się z tym kolejne pytanie, jaki jest udział poszczególnych funkcji psychicznych - takich jak pamięć, uwaga, myślenie - w zapewnieniu prawidłowej psychicznej regulacji działania, takiej aby nie pojawiały się w nim błędy. Na przykład, czy iluzje wpływają na zaburzenie logiki wnioskowania, a błędy popełniane w procesie myślenia zaburzają trafność spostrzeżeń i na czym to polega?
9. Warto także zapytać o rozwojowe aspekty niezawodności jako bardzo ogólnej cechy człowieka. Czy zmienia się ona wraz z rozwojem i wpływem życia człowieka i na czym te zmiany polegają w miarę posuwania się w latach. Być może istnieją określone sposoby kompensacji utraconej niezawodności poszczególnych funkcji wzrostem niezawodności innych funkcji, np. obniżonej szybkości spostrzegania może towarzyszyć wzrost umiejętności korzystania z zasobów doświadczenia (pamięć długotrwała).

Otrzymanie odpowiedzi na wyżej sformułowane pytanie oraz rozstrzygnięcie zasygnalizowanych problemów wiąże się z rozwojem ogólnej teorii psychologicznej wyjaśniającej zachowanie się człowieka, zwłaszcza zachowanie się w sytuacjach trudnych. Jednocześnie ten szczególny aspekt problemu regulacji, jakim jest regulacja zachowania się niezawodnego, powinien być przedmiotem oddzielnej analizy, gdyż ma on szczególnie doniosłe znaczenie praktyczne. Chodzi tu nie tylko o zastosowanie wiedzy o niezawodności człowieka do projektowania układów lub prewencji wypadkowej, choć tego rodzaju zastosowania były głównym przedmiotem rozważań w tej monografii, a analizę pracy człowieka odnoszono do pracy typu operatorskiego.

<sup>43</sup> Na przykład stan silnego napięcia motywacyjnego zmniejsza efekty małej wydolności. Regulując dopływ stymulacji przez przybliżanie się i oddalanie od jej źródła, człowiek przywraca równowagę między stanem własnym a stanem otoczenia w zakresie aktywacji. Zasada kompensacji pewnych braków przez uzupełnienie innymi „dobraми” jest także widoczna w aspekcie takich charakterystyk działania, jak szybkość i dokładność. Dokładność można zwiększyć przez dodanie czasu, gdyż - jak pamiętamy - czas subiektywnie potrzebny jest od 1,5 do 3 razy dłuższy od czasu obiektywnie potrzebnego (patrz s. 136 tej pracy).

<sup>44</sup> O sposobach zwiększania własnej niezawodności stosowanych przez pilotów piszą K. Migdał i J. Paciorek (1987).

Problem niezawodności człowieka we wszelkim działaniu jest znacznie szerszy i można go rozpatrywać nie tylko w kontekście analiz psychologicznych. Na różnych płaszczyznach życia człowieka spotykamy się z ogromną różnorodnością błędów, które są różnie nazywane przez przedstawicieli różnych dyscyplin nauki i praktyki. Można mówić o błędach natury moralnej, o błędach kultury, nauki, prawa i wymiaru sprawiedliwości. Wreszcie - o błędach natury. Błąd moralny to grzech, błąd kultury to kicz lub dekadencja, błąd nauki to fałsz, błąd wymiaru sprawiedliwości - w postaci pomyłki sądowej - to krzywda podsądnego, błąd natury to dewiacja, zaburzenie, choroba.

Za każdym błędem kryją się różnorodne mechanizmy i różne są konsekwencje społeczne oraz osobiste błędów. Można powiedzieć, że skoro błędów uniknąć się nie da, skoro mają one częściowo naturę probabilistyczną, to działanie człowieka w różnych dziedzinach aktywności odbywa się w sytuacjach ryzyka. Najmniejsze jest ryzyko niepowodzenia działania w sytuacjach wymagających zachowania się reaktywnego, największe zaś w sytuacjach wymagających zachowań kreatywnych. Niezawodność w tych dwu rodzajach sytuacji jest ważna, ale jakby innej próby. W praktyce życia codziennego i w pracy zawodowej zdarzają się sytuacje wymagające takiego lub innego rodzaju niezawodności, umiejętności dostosowywania się do zmian zachodzących w otoczeniu człowieka.

Poznanie prawidłowości rządzących działaniem człowieka z punktu widzenia jego niezawodności ma znaczenie nie tylko dla psychologii pracy, lecz także dla pozostałych dziedzin psychologii stosowanej, takich jak psychologia kliniczna oraz psychologia wychowawcza, a wyniki badań nad człowiekiem znajdującym się w sytuacjach stawiających wysokie wymagania jego psychice mają głęboki sens humanistyczny. Lęk, gniew i agresja często mają źródło w niepowodzeniach w działaniu i same są jednocześnie źródłem poważniejszych zaburzeń w zachowaniu się człowieka.

Badania nad niezawodnością można także przenieść na teren psychologii społecznej. Percepcja niezawodności innych ludzi to jeden z ważnych czynników percepcji społecznej determinującej poziom zaufania interpersonalnego. Zaufanie to odgrywa ogromną rolę w stosunkach międzyludzkich, w rodzinie, w szkole, w zakładzie pracy, w stosunkach między lekarzem i pacjentem, w zespole roboczym, w grupie zadaniowej. Wiedza o tym, czy mamy do czynienia z człowiekiem niezawodnym, czy też zawodnym ma zasadniczy wpływ na regulację zachowania się w sytuacjach, w których współdziałanie jest konieczne.

Przechodzimy więc stopniowo do nowej, rozwiniętej już, dziedziny badań psychologicznych, jaką jest psychologia zaufania, w tym zaufania interpersonalnego, lecz będzie to już przedmiotem rozważań innej pracy.

# BIBLIOGRAFIA

Adams J. *Issues in human reliability*, „Human Factors” 1982, nr 24, s. 1 -10.

Adelstein A.M. *A criticism of the concept based on analysis of shunters accidents*, „Journal of the Royal Statistical Society” 1952, nr 115, s. 354-440.

Aleksandrowskij J.A. *Sostojanija psichiczeskoj diezadaptacyi i ich kompensacyja*, Moskwa 1976, „Nauka”.

Alkov R.A. *Stress and human error*, Proceedings of System Safety Conference, Denver, Colorado 1981, S.XVI, E-2.

Allport D. A., Antonis B., Reynolds P. *On the division of attention: a disproof of the single - channel hypothesis*, „Quarterly Journal of Experimental Psychology” 1972, nr 24, s. 225-235.

Allport G. *Attitudes*, w: G.R. Murchison *Handbook of social psychology*, Worcester 1935.

Altman J.W. *Classification of human errors*, w: W.B. Askren (red.) *Proceedings of Symposium on Reliability of Human Performance in Work*, Wright - Patterson AFB, Ohio, 1967, Rep. AMRL - 67 - 88.

Ananiew B.G. *Nowoje w uczenii o wosprijatii prostranstwa*, „Woprosy psichologii” 1960, nr 1.

Anderson N.H. *Information integration theory: A brief survey*, w: D.H.

Krantz, R.C. Atkinson, D.R. Luce, P. Suppes (red.) *Contemporary developments in mathematical psychology*, San Francisco 1974, Freeman. Anochin P.K. *Opierezajuszczeje otrazhenije diejstwitielnosti*, „Woprosy filosofii” 1961, nr 7.

Anochin P.K. *Biologija i niejrofiziologija usłownogo riefleksa*, Moskwa 1968, „Miedicina”.

Askren W.B. (red.) *Symposium on reliability of human performance in work: conduced as part of the 1966 annual Convention of the American Psychological Association*, USAF Technical Report 1967.

Askren W.B., Regulinski T.L. *Quantifying human performance reliability analysis of systems*, „Human Factors” 1969, nr 4, s. 393 - 396.

Askren W.B., Regulinski T.L. *Quantifying human performance reliability*, „Technical Report” 1971, nr 71 - 72.

Astafiew A. K. *Filosofskie aspiekty sintieza poniatij w tiechnike i biologii*, Leningrad 1978, Izdatielstwo Leningradskogo Gosudarstwiennogo Uniwiersiteta.

Bańka A. *Psychologiczne wyznaczniki metodologii analizy i projektowania systemów*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, nr 152, Poznań 1984.

Barlow R.E., Proschan F., Hunter L.C. *Mathematical theory of reliability*, New York 1965, J. Wiley.

Baron S. *Application of the optimal control model for the human operator to reliability assessment*, IEEE Transactions Reliability, 1973, R-22.

Bazowsky I. *Fiabilité*, Paris 1966, Dunod.

Bazylewicz - Walczak B. *Osobowościowe determinanty niezawodności pracy operatorów obsługujących zautomatyzowane procesy produkcji* (problem MZ. IX. 6.15.1985 maszynopis).

Bennet C.A. *Toward empirical, practicable, comprehensive task taxonomy*, „Human Factor” 1971, nr 23/3, s. 229-235.

Berg A.L. *Kibiernietika i nadiożnost’*, Moskwa 1963, „Znaniye”.

Bernsztajn N. A. *Oczerednyje zadaczi niejrofizjologii w swietie sowriemiennoj tieorii aktiwnosti*, „Woprosy psichologii” 1966, nr 4, s. 3 - 7.

Bertalanffy L., von *Ogólna teoria systemów*, Warszawa 1984, PWN.

Bertelson P. *The refractory period of choice reactions with regular and irregular interstimuli intervals*, w: W.G. Koster (red.) *Attention and Performance*, Soesterberg 1966, North - Holland.

Biela A. *Informacja a decyzja*, Warszawa 1976, PWN.

Bieniewolenskaja N.D. *Etiudy po ergonomikie*, Nowosybirsk 1977, „Nauka”.

Bieriegowej G.T., Kryłow W.J., Kryłowa N.W., Łomow B.F. *K problemie ocenki i prognozirowanija kaczestwa diejatielnosti opieratora po charakteristikam jego sostojanija*, „Woprosy psichologii” 1974, nr 5.

Bieriegowej G.T., Zawałowa N.D., Łomow B.F., Ponomarienko W.A. *Ekspierimientalno - psichologičeskije issledowanija w awiacji i kosmonawtikie*, Moskwa 1978, „Nauka”.

Birdsall T.G. *Comments on psychological reliability, man - machine systems*, IEEE Transactions Reliability, November 1971.

Bobniewa M. *Tiechničeskaja psichologija*, Moskwa 1966, „Nauka”.

Bobniewa M. *Problem niezawodności człowieka*, w: Z. Kapuścińska, J. Okoń (red.) *Psychologia inżynierska w ZSRR i USA*, Warszawa 1969, KiW.

Bobrowski D. *Matematyczne modelowanie systemu obiekt techniczny-człowiek*, w: *Materiały kolokwium na temat „Niezwadność systemu obiekt techniczny-człowiek”*, Warszawa 1984, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych.

Bodrow W., Miedwiediew W. *Analiz psichologičeskich ipsichofizjologiczskich charakteristik operatora*, w: B.F. Łomow i in. (red.) *Inżyniersnaja psichologija*, Moskwa 1977, „Nauka”.

Bogusz I.P. *O jawlenijach analizatorow w wosprijatii i predstavlenii dwizenij*, „Woprosy psichologii” 1956, nr 3.

Bojarski W. *Wprowadzenie do oceny niezawodności działania układów technicznych*, Warszawa 1967, PWN.

Broadbent D.E. *Perception and communication*, London 1958, Pergamon Press.

Broadbent D.E. *The hidden preattentive processes*, „American Psychologist” 1977, nr 32(2).

Broadbent D.E. *Is a fatigue test now possible?* „Ergonomics” 1979, nr 22(12), s. 1277- 1290.

Broadbent D.E. *The psychology of risk*, The Wolfson College Lectures, Oxford 1984, University of Oxford.

Broadbent D.E., Cooper P.J., Broadbent M.H.P. *A comparison of hierarchical and matrix retrieval schemes in recall*, „Journal of Experimental Psychology” 1978, nr 4(5), s. 486-497.

Broadbent D.E., Cooper P.J., Fitzgerald P., Parkes K.R. *The Cognitive Failures Questionnaires (CPQ) and its correlates*, „British Journal of Clinical Psychology” 1982, nr 21, s. 1-16.

Broadbent D.E., Gregory M. *Psychological refractory period and the length of time required to make a decision*, „Royal Society Bulletin” 1967, nr 168, s. 189-193.

Brown I.S. *System safety and human factors: some necessary relationships*, „Proceedings of a Symposium on Reliability and Maintainability”, Ohio 1974.

Brown I.S., Knauff N.B., Rosenbaum G. *The accuracy of positioning reactions as a function of their direction and extent*, „American Journal of Psychology” 1948, nr 61.

Brzezińska Z. *Problem zmęczenia na wybranych stanowiskach pracy*, „Prace CIOP” 1964, nr 41, s. 3-23.

Brzęk M. *Subiektywne zmęczenie i niezawodność a zadowolenie z pracy*, Katowice 1981 (maszynopis).

Brzozowska A. *Badania porównawcze niezawodności zachowania się człowieka w sytuacji normalnej i trudnej*, Katowice 1981 (maszynopis).

Buck L. *Errors in the perception of railway signals*, „Ergonomics” 1963, nr 6, s. 182-192.

Budohoska W., Włodarski Z. *Psychologia uczenia się. Przegląd badań eksperymentalnych i teorii*, wyd. 2, Warszawa 1972, PWN.

Bures Z. *Psychologic spulehlivosti výkonu*, Praha 1979, Universita Karlova.

Buszow J.W., Rabczyk J.W. *Swiaz' indywidualnych osobiennoŝtej czelowiek a - opieratora s rabotosposobnostiu i ustojcziwostiu kak faktor monotonnosti raboty*, „Woprosy psichologii” 1981, nr 1, s. 126-136.

- Byrna A.K. *Errors in giving medications*, „American Journal of Nursery” 1953, nr 53.
- Bżaława I.T. *Psychologija ustanowki i kibiernietika*, Moskwa 1966, „Nauka”.
- Calabro S.R. *Zaklady spoehlivosti a jejich užiti v praxi*, Praha 1965, SNTL.
- Campbell D.T. *Sytematic error on the part of human links in communication system*, „Journal of Information Control” 1958, nr 1, s. 334-369.
- Carter L.F., Dudek F.J. *The use of psychological techniques in measuring and critically analysing navigator's flight performance*, „Psychometrika” 1958, nr 12, t. 1, s. 31-42.
- Celinsky O., Master M. *An activity model for predicting the reliability of human performance*, „A Reliability and Maintainability Symposium” 1974.
- Chaczaturianc L.C., Grimak L.P., Chriunow N.W. *Ekspierimentalnaja psichofizjologija w kosmiczeskich issledowanijach*, Moskwa 1976, „Nauka”.
- Chapanis A. *Theory and methods for analysing errors in man-machine systems*, „New York Academy of Sciences” 1949, nr 51, t. 6, s. 1179- - 1203.
- Chapanis A. *The relevance of laboratory studies to practical situations*, „Ergonomica” 1967, nr 10, s. 5.
- Chapanis A. *Human factors engineering for safety*, „Proceedings of 'Professional Development Conference' by American Society of Safety Engineers” 1979, s. 25-42.
- Chapanis A., Leyzorek M. *Accuracy of visual interpolation between scale marks as a function of the number assigned to the scale interval*, „Journal of Experimental Psychology” 1950, nr 40, s. 655-667.
- Chase R.A., Harvey S. i in. *Studies of sensory feedback*, „Journal of Experimental Psychology” 1961, nr 13, s. 141-152.
- Chown S.M. *Rigidity - a flexible concept*, „Psychological Bulletin” 1959, nr 56, s. 195-223.
- Christensen J.M., Mill R.G. *What does the operator do in complex systems?* „Human Factors” 1967, nr 9, s. 329-340.
- Cohen S. *Environmental load and the allocation of attention*, w: A. Baum, J.B. Singer, S. Wallius (red.) *The urban environment*, t. 1, Hillsdale, N.J. 1978, Lawrence Erlbaum Associates.
- Conrad R. *Missed signals in a sensory - motor skill*, „Journal of Experimental Psychology” 1954, nr 48, s. 1-9.
- Cooper C.L., Payne R. *Ekstrawersja a niektóre aspekty zachowania się przy pracy*, „Przegląd Psychologiczny” 1969, nr 17, s. 3-13.
- Cooper C.L., Payne R. (red.) *Current concerns in occupational stress*, Chichester, New York, Brisbane, Toronto 1980, J. Wiley.
- Cox T. *Stress*, London 1980, Mcmillan.
- Craik K.J.W. *Theory of the human operator in control systems*. (I) *The operator as an engineering system*, „British Journal of Psychology” 1947, nr 38, s. 56-61. (II) *Man as an element in control systems*, „British Journal of Psychology” 1949, nr 38, s. 142-148.
- Craik K.J.W., Vince M. *Psychological and physiological aspects of control mechanisms with special reference to rank summary*, Cambridge 1943, Psychological Laboratory, preprint.
- Culbert S.S. *Instrument reading errors under startle conditions*, „Perceptual and Motor Skills” 1960, t. 2, nr 176.
- Cummings C.L., De Cotiis A.A. *Organizational correlates of perceived stress in a professional organization*, „Public Personnel Management” 1973, nr 27, s. 275-282.
- Cunningham C.E., Cox W. *Human factors in maintainability*, w: *Applied Maintainability Engineering*, New York 1972, Wiley - Interscience.
- Čermák K. *Státistické metody přispívající k řešení spoehlivosti lidského výkonu a rozboru chybných manipulaci*, Praha 1974.
- Daniel J. i in. *Psychologicka analýza činnosti operatora*, Bratislava 1975, „Veda”.



- Daniłowa N.N. *Funkcyonalnyje sostojanija, miechanizmy i diagnostika*, Moskwa 1985, Izdatielstwo Moskovskogo Gosudarstwiennogo Uniwiersitieta.
- Daves R.M. *A case of graduate admissions: Applications of three principles of human decision making*, „American Psychologist” 1971, nr 26, s. 180 - 188.
- Davis D.R. *Pilot error*, London 1948, Air publications, 3135a, His Majesty's Stationary Office.
- Davis D.R. *The disorder of skill responsible for accidents*, „Quarterly Journal of Experimental Psychology” 1949, nr 1, s. 136-142.
- Davis D.R. *The operator as a single - channel information system*, „Quarterly Journal of Experimental Psychology” 1957, nr 9, s. 119 -129.
- Davis D.R. *Human errors and transport accidents*, „Ergonomics” 1958, t. 24, nr 1 i 2.
- Davis D.R. *Performance and suboptimal conditions*, London 1971, Taylor and Francis.
- Davis G.A. *Psychology of problem solving: Theory and practice*, New York 1973, Basic Books.
- Davis R. *Task analysis and user errors: A methodology for assessing interactions*, „International Journal of Man - Machine Studies” 1983, nr 19(6), s. 561 -574.
- Dąbska I. *Wprowadzenie do starożytnej semiotyki greckiej. Studia i teksty*, Wrocław 1984, Ossolineum.
- Déjour Ch. *La charge psychique de travail, w: Equilibre ou fatigue par le travail?*, Paris 1980, Entreprise Moderne d'Edition.
- Dewey J. *Jak myślimy*, Warszawa 1957, KiW.
- Dmitriewa M., Kryłow A., Naftuliew A. *Psichologia truda i inżynierskaja psichologia*, Leningrad 1979, Izdatielstwo Leningradskogo Gosudarstwiennogo Uniwiersitieta.
- Dobrołowicz W. *Psychologiczne problemy uwagi kognitywnej*, Kielce 1978, Wyższa Szkoła Pedagogiczna.
- Donaher J.W. *Human error in ATC system operations*, „Human Factors” 1980, nr 2215, s. 535- 545.
- Drabek J. *Empiryczna typologia błędów przy pracy na kolei w aspekcie profilaktyki wypadkowej*, Katowice 1978 (maszynopis).
- Drury C.G. *Emergency medical services: an evaluation of human reliability*, Proceedings of 5 - th Colorado Conference on System Safety, Denver, Colorado 1981.
- Drury C.G., Fox J.G. *Human reliability in quality control*, London 1975, Taylor and Francis.
- Duncan K.O., Gray M.J. *An evaluation as a fault-finding training course for refinery process operators*, „Journal of Occupational Psychology” 1981, nr 48, s. 199-218.
- Edwards W. *The theory of decision making*, „Psychological Bulletin” 1954, t. 51, s. 380-417.
- Edwards W. *Dynamic decision theory and probabilistic information processing*, „Human Factors in Electronics” 1962, nr 4, s. 59-73.
- Edwards W., Lees F.P. *The influence of the process characteristics on the role of human operator in process control*, „Applied Ergonomics” 1974, nr 51, s. 21-25.
- Egan J.R. *To err is human*, „Technology Review” 1982, nr 85, s. 22- -29.
- Einhorn H.J., Hogarth R.M. *Confidence in judgement: persistence of the illusion of validity*, „Psychological Review” 1978, nr 85, s. 395-416.
- Einhorn H.J., Hogarth R.M. *Behavioral decision theory*, „Annual Review of Psychology” 1981, nr 32, s. 53-88.
- Ekehamar B., Magnusson D. *A method to study stressful situations*, „Journal of Personality and Social Psychology” 1973, nr 27, t. 2, s. 176 - -179.
- Elias A. *Temperament a system regulacji stymulacji*, Warszawa 1981, PWN.
- Embrey D. *The human operator and system reliability*, Birmingham 1976 (pre-print).

Estes W.K. *Comments on directions and limitations of current efforts toward theories of decision making*, w: T. Wallister (red.) *Cognitive processes in choice and decision theory*, Hillsdale 1980, Erlbaum.

Eysenck H. *Psychology and prevention of road accidents*, „New Scientist” 1960, nr 18.

Eysenck H. *Extraversion, arousal and retrieval from semiotic memory*, „Journal of Personality” 1974, nr 42, s. 319-331.

Falicki Z. *Zespoły psychopatologiczne w medycynie - stan psychiczny chorego somatycznie*, Warszawa 1984, PZWL.

Faverge J.M. *The ergonomic concept of reliability*, w: *Reliability and safety*, Luxemburg 1972, Commission for the European Communities.

Feagetter A.J. *A method for investigating human factor aspects of aircraft accidents and incidents*, „Ergonomics” 1982, nr 25, t. 11, s. 1065-1075.

Fieske D.F. *Effects of monotonious and restricted stimulation*, w: D.F. Fieske, S.R. Maddi (red.) *Functions of varied experience*, Homewood Ill. 1967, Dorsey Press.

Fitts P.M. *The influence of response coding on performance in motor task*, w: *Current trends in information theory*, Pittsburgh 1953, University Press.

Fitts P.M. *Human engineering theory and concepts*, Washington 1959.

Fitts P.M. *Functions of man in complex systems*, „Aerospace Engineering” 1962, January.

Fitts P.M. *Cognitive aspects of information processing: cz. III: Set for speed versus accuracy*, „Journal of Experimental Psychology” 1966, nr 71, s. 849-857.

Fitts P.M., Jones R.E. *Psychological aspects of instrument display. (I) Analysis of 270 „pilot- error” experiences in reading and interpreting aircraft instruments*, USAF Material Aero Medical Laboratory 1947, October, nr 1, Reprint TSE 11 -694-12A.

Flanagan J. *The critical incidents technique*, „Psychological Bulletin” 1954, nr 51, s. 327.

Ford A. *Types of errors in location judgements on scaled surfaces. (I) Errors of configuration*, „Journal of Applied Psychology” 1949, nr 33, s. 382 - 394.

Fraisse P. *Prisposoblenije czelowieka k wriemieni*, „Woprosy psychologii” 1961, nr 2, s. 43-55.

Franus E. *Model niezawodności człowieka i jego znaczenie dla ergonomii*, „Przegląd Psychologiczny” 1977, nr 1, s. 35-47.

Frączek A. (red.) *Podstawy diagnozy psychologicznej w klinice psychiatrycznej i klinice ogniskowych uszkodzeń mózgu*, Warszawa 1973, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego.

Frederiksen N. *Toward a taxonomy of situations*, „American Psychologist” 1972, nr 27, s. 114-123.

Freed A.M. *Human interaction in man - machine systems*, „Human Factors” 1962, nr 4, s. 389-396.

French J.R.R., Caplan R.D. *Occupational stress and individual strain*, w: A.Y. Morrow (red.) *The failure of success*, New York 1973, Amacom.

Freud S. *Psychopatologie des Altagslebens*, Wien 1923.

Galubińska K. *Środowisko pracy a sprawność psychofizyczna*, Warszawa 1976, PZWL.

Gibalska I. *Zawodność w pracy jako funkcja subiektywnego zmęczenia*, Katowice 1979 (praca magisterska - maszynopis).

Gliszczyńska X. *Klasyfikacja genetyczna błędu praktycznego*, „Materiały Prakseologiczne” 1962, nr 4, s. 129- 157.

Gliszczyńska X. *Udział człowieka w powstawaniu wypadków przy pracy*, Warszawa 1967, IW CRZZ.

Gniedienko B.W., Bielajew W., Sołowiow A.D. *Matiematiczeskije mietody w tieorii nadiożnosti*, Moskwa 1965, „Nauka”.

Golinkiewicz T.A. *Prikladnaja tieorija nadiożnosti*, „Wysszaja Szkoła”, 1985.

- Gołąb A., Reykowski J. *Badania nad rozwojem standardów ewaluatywnych*, Wrocław 1985, Ossolineum.
- Gordiejewa A.K. *Psichofizjologičeskie osobienności woditielej awtotransporta, razliczajuszczichsja po pokazatelam bezopasnosti dorożnogo transporta*, Moskwa 1979, Izdatielstwo Moskovskogo Gosudarstwiennogo Uniwersiteta.
- Gorgosz M. *Percepcja sytuacji trudnych przez kierowców samochodowych o różnym stażu pracy*, Katowice 1978 (praca magisterska - maszynopis).
- Gościcka E. *Obciążenie psychiczne na stanowiskach pracy*, „Problemy Rehabilitacji Zawodowej” 1980, nr 3, s. 44-50.
- Gould J.I., Schafer A. *The effects of divided attention on visual monitoring of multichannel displays*, „Human Factors” 1967, nr 9, s. 191 -202.
- Górska T. *Rola analizatora wzrokowego i kinestetycznego w procesie ćwiczeń ruchów docelowych*, „Studia Psychologiczne”, t. 1, Wrocław 1965.
- Grandjean E. *Fitting the task to the man*, London 1975, Taylor and Francis.
- Grant W.J. *Reliability education in academic curricula*, „Proceedings of 5-th National Symposium on Reliability and Quality Control in Electronics”, Philadelphia 1959.
- Gray J.A. *Pavlov's typology*, Oxford, Frankfurt 1964, Pergamon Press.
- Grether W.F. *Factor in the design of clock dials which affect speed and accuracy of reading in the 24 hours time system*, „Journal of Applied Psychology” 1948, nr 32, s. 159-169.
- Grether W.F. *Instrument reading: I. The design of long scale indicators for speed and accuracy of quantitative reading*, „Journal of Applied Psychology” 1949, nr 33, s. 363-372.
- Grodsky M.A. *Risk and reliability*, „Aerospace Engineering” 1962, nr 21, s. 29-33.
- Gubinskij A.J. *Mietodika opriedielenija kriterii nadiożnosti czelowieka na osnovie opytnych danych*, w: *Problemy inżeniernoj psichologii*, wyd. 4, Leningrad 1966.
- Gubinskij A.J., Efgrafow W.G. *Ergonomiczeskoje projektrowanije sudowych sistiem uprawlenija*, Leningrad 1977, „Sudostrojenije”.
- Gubinskij A.J. i in. *Tieorija nadiożnosti w primienienii k czelowieku-opieratoru*, w: *Inżeniernaja psichologija w priborostrojenii*, Moskwa 1977.
- Guriewicz K.M. *ProfieSSIONalnaja prigodnost' i osnovnyje swojstwa nierwnoj sistiemy*, Moskwa 1970, „Nauka”.
- Guriewicz K.M., Matwiejew W.F. *O profieSSIONalnoj prigodnosti opieratorow i sposobach jego opriedielenija*, w: B.M. Tieplow, K.M. Guriewicz (red.) *Woprosy profieSSIONalnoj progodnosti piersonala eniergosistiem*, Moskwa 1969, „Proswieszczenije”.
- Hacker W. *Allgemeine Arbeits und Ingenieurpsychologie. Psychische Struktur und Regulation von Arbeitstatikeiten*, Berlin 1980.
- Hagen E. W. (red.) *Human reliability analysis*, „Nuclear Safety” 1976, nr 17.
- Halpin S.M., Johnsson E.M. *Cognitive reliability in manned systems*, „IEEE Transactions Reliability” 1973, R-22.
- Hammond K.R. *The psychology of Egon Brunswik*, New York 1966, Holt, Rinehart and Winston.
- Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*, NUREG/CR- 1278, October 1980.
- Harnett O.M., Wales V. *Error in responses to infrequent signals*, „Ergonomics” 1975, nr 18122, s. 213-233.
- Hasher L., Chromiak W. *The processing of frequency information: an automatic mechanism*, „Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior” 1977, nr 16, s. 173-184.
- Haviland R.P. *Engineering reliability and long life design*, New York 1964, Van Nostrand.
- Hebb I.O. *Podręcznik psychologii*, Warszawa 1969, PWN.

- Herzberg F. *Temperamental measures in industrial selection*, „Journal of Applied Psychology” 1954, nr 38, s. 81-84.
- Highland R. W., Fleishman E.A. *An empirical classification of error patterns receiving Morse Code*, „Journal of Applied Psychology” 1958, nr 42, s. 112
- Hoc J.M. *Représentation ment????? modèles cognitifs de traitement de l'information*, „Le Travail Humain” 1972, nr 35, t. 1, s. 17-36.
- Hogarth R.M. *Methods for aggregating opinions*, V-th Reserach Conference on Probability, Utility and Decision Making, Darmstadt 1975.
- Hoggatt R.S., Haze' J.T. *Reliability of individual versus group job pay ratings*, „Journal of Announcment” 1970, nr 70.
- Holmes T.H., Minoruk M. *Psychosomatic syndrom*, „Psychology Today” 1972, April, s. 71-72.
- Holmes T.H., Rahe R.M. *The social readjustment rating scale*, „Journal of Psychosomatic Response” 1974, nr 11, s. 213-218.
- Howell W.C. *Judgement of uncertainty*, w: *Proceedings of System Safety Conference in Colorado*, Denver 1981.
- Howell W.C., Kerkar S.P. *Uncertainty measurement in a complex task as a function of response mode and event type characteristics*, Houston and Rice University, Houston Report 81-1, 1981.
- Hull C.L. *Principles of behavior*, New York 1943, Appleton Century- - Crofts.
- Hunter W.S. *The delayed reaction in animal and children*, „Behavioral Monographs” 1913, nr 2, s. 1 -86.
- Huston R.L. *Human reliability on man-machine interactions*, w: „A Reliability and Maintainability Symposium”, 1974.
- Ilin E.P. *Obiespieczenije nadiożnosti diejatielnosti w swiazi z uczotom ti-pologiczeskich osobiennostiej swojstw nierwnoj sistiemy*, w: *Problemy inżenier-noj psichologii*, Jarosław 1976, Izdatielstwo Jarosławskiego Gosudarstwiennogo Uniwiersitietia.
- Inaba K., Matson R. *Measurement of human errors with existing data*, „Seventh Reliability and Maintainability Conference” 1968.
- Jaźwiński J. *Psychologiczne problemy bezpieczeństwa pracy z uwzględnieniem problemów niezawodności*, w: *Materiały kolokwium „Nieawodność systemów: człowiek-obiekt techniczny”*, Warszawa 1984, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych.
- Jermołajewa - Tomina C.W. *Indiuidualnyje razliczja w koncentrirowannosti wnimanja i siła nierwnoj sistiemy*, „Woprosy psichologii” 1962, nr 2, s. 84-95.
- Jethon Z. *Działalność operatorowa - nowa postać pracy człowieka*, Warszawa 1976, PWN.
- Jędrzejowicz P. *Optymalizacja niezawodności systemów „człowiek-obiekt techniczny”*, w: *Materiały kolokwium: „Nieawodność systemów: człowiek-obiekt techniczny”*, Warszawa 1984, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych.
- Johanson G., Lundberg U. *Psychophysiological aspects of stress and adaptation in technological society*, Report nr 494, Stockholm 1977, University of Stockholm.
- Juran J.M. *Operator errors: time for a new look*, „Quality Control” 1968, nr 1.
- Jurcenko A.S. *Ocenka funkcjonalnego sostojanija wysszej nierwnoj diejatielnosti pri rabotie razlicznoj stiepieni słożnosti za pultom uprawlenija*, „Gigiena Truda” 1967, nr 7.
- Kahneman D. *Attention and effort*, Englewood Cliffs, N.J. 1973, Prentice Hall.
- Kahneman D., Tversky A. *On the psychology of prediction*, „Psychological Review” 1973, nr 80, s. 237-251.
- Kamensky J.U. *Variations in the health state of heavy transport helicopter pilots during flight shifts*, „Kosmiczeskaja biologija i awiakosmiczeskaja miedicina” 1982, nr 16(4), s. 30-32.
- Kapuścińska Z., Okoń J. *Z badań nad dokładnością ruchów docelowych wykonywanych bez kontroli wzroku*, „Prace CIOP” 1964, nr 41, s. 70- -86.

Kapuścińska Z., Okoń J. *Zależność dokładności ślepych ruchów docelowych od rodzaju poprzedzającej informacji o ich długości i kierunku*, „Prace CIOP” 1965, nr 44, s. 5-21.

Kapuścińska Z., Okoń J. *Zależność dokładności ciągłych ruchów docelowych wykonywanych w operacjach śledzenia od dopływu informacji sterującej*, „Prace CIOP” 1970, nr 64, s. 43 - 55.

Karasek R.J. *Job demands, job decision latitude and mental strain*, „Administration Science Quarterly” 1979, nr 24(2), s. 285-308.

Karolczak - Biernacka B. *Współzawodnictwo, współpraca, wynik*, Warszawa 1981, IW CRZZ.

Kaufman A. *La confiance technique*, Paris 1967 mod.

Keenan J.J. *Interactionist models of the varieties of human performance in complex work systems*, „Sixth Reliability and Maintainability Conference” 1967.

Kelly C.V., Barday S. *Improvement of human reliability using Bayesian Hierarchical Inference*, „Reliability and Maintainability Symposium” 1974.

Kikołow J. *Umstwiennno - emocjonalnoje napriazhenije za pultom uprawlenija*, Moskwa 1967, „Nauka”.

Kiliński A. *Definicje opisowo - analityczne i wartościująco - normatywne podstawowych pojęć teorii niezawodności*, „Prakseologia” 1971, nr 38, s. 3-46.

Kinney G.C. *The human element in air traffic control*, „Proceedings of 5-th Safety System Conference”, Denver, Colorado 1981.

Kitajew-Smyk A. *Psichologija striessa*, Moskwa 1983, „Nauka”.

Klimow E.A. *Indiwiudualnyje osobiennosti trudowej diejatielnosti tkaczich mnogostanocznic w swiazi s podwiznostiu nierwnych processow*, „Woprosy psichologii ” 1959, nr 2.

Klonowicz T. *Reaktywność a przydatność do zawodu operatora*, Warszawa 1973, Uniwersytet Warszawski (praca magisterska - maszynopis).

Klonowicz T. *Reaktywność a przydatność do zawodu operatora mierzona poziomem wykonania zadań o różnym ładunku stymulacji*, w: J. Strelau (red.) *Rola cech temperamentalnych w działaniu*, Wrocław 1973, Ossolineum.

Klonowicz T. *Reaktywność a funkcjonowanie człowieka w różnych warunkach stymulacyjnych*, Wrocław 1984, Ossolineum.

Knowles W.B. *Operator loading tasks*, „Human Factors” 1963, nr 5, s. 155 - 161.

Kocowski T. *Czynniki określające niezawodność człowieka jako operatora na stanowiskach krytycznych*, „Studia i Materiały Politechniki Wrocławskiej”, nr 10, Wrocław 1972.

Konopkin O.A. *Proizwolnoje regulirowanie diejatielnosti po prijomu informacyi w usłowijach alitiernatiwnogo wybora*, w: *Problemy inżyniernej psichologii*, wyd. 4, Leningrad 1966, Izdatielstwo Leningradskogo Gosudarstwiennogo Uniwersitieta.

Konopkin O.A. *Psichologiceskije miechanizmy regulacyi diejatielnosti*, Moskwa 1980, „Nauka”.

Konorski J. *Integracyjna działalność mózgu*, Warszawa 1969, PWN.

Koonce J.M. *Procedures for integrating human factors in system safety*, w: *Fifth International System Safety Conference*, Denver, Colorado 1981.

Kopytowa Ł.A. *Indiwiudualnyj stil trudowej diejatielnosti naladczikow w zawisimosti ot siły nierwnoj sistiemy po wozbudimosti*, „Woprosy psichologii ” 1964, nr 1, s. 24-33.

Kosmala W. *Badania psychologiczne powstawania braków produkcyjnych w przemyśle*, „Prace Instytutu Ekonomiki i Organizacji Przemysłu”, z. 57, Warszawa 1963.

Kosmolinski F.P. *Emocyonalnyj striess pri rabotie w ekstremalnych usłowijach*, Moskwa 1976, „Nauka”.

Kotarbiński T. *Sprawność i błąd*, Warszawa 1970, PZWS.

Kotarbiński T. *Traktat o dobrej robocie*, wyd. 5, Wrocław 1973, Ossolineum.

Kotik M.A. *Kratkij kurs inżyniernej psichologii*, Tallin 1971.

- Kotik M.A. *O pierieziwanii znaczimosti kak riegulator diejatielnosti*, w: *Studies in Psychology*, Tartu University 1974, nr 335, s. 52-65.
- Kotik M.A. *Samoriegulacyja i nadiožnost' czełowieka - opieratora*, Tallin 1974.
- Kowalczyk R., Madejczyk E. *Badania obciążenia psychicznego*, „Przegląd Psychologiczny” 1970, nr 20, s. 143- 159.
- Kozielecki J. *Psychologiczna teoria decyzji*, wyd. 2, Warszawa 1977, PWN.
- Krahenbuhl G.S., Marett J.R. *Stress and stimulation in pilot training*, U.S. AFHRL Final Report, 1979, February, No. TR-78-95.
- Krasnikow J.W. *Tieorija rieczewych oszibok*, Moskwa 1980, „Nauka”.
- Kries J. [według] R.S. Woodworth, H. Schlosberg *Psychologia eksperymentalna*, Warszawa 1963, PWN.
- Kruliš J. *K analýze řidici činnosti operatorského typu se zaměřením na spolehlivost'*, „Psychologie v Ekonomické Praxi” 1981, nr 1, s. 31 - 36.
- Kryłow A.A. *Czełowiek w awtomatizowanych systiemach uprawlenija*, Leningrad 1972, Izdatielstwo Leningradskogo Gosudarstwiennogo Uniwersiteta.
- Kryłow A.A. *Mietodologija issledowanija po inženiernej psichologii ipsichologii truda*, Leningrad 1974, Izdatielstwo Leningradskogo Gosudarstwiennogo Uniwersiteta.
- Kudmovský F., Paleček M., Grünova A. *Ergonomie leteckých palubních informačních systémů*, Praha 1979, VZLU.
- Kukla B. *Nastawienie na dokładność i nastawienie na szybkość a niezawodność człowieka w pracy w sytuacji normalnej i trudnej*, Katowice 1980 (praca magisterska - maszynopis).
- Kupisiewicz Cz. *Niepowodzenia dydaktyczne*, Warszawa 1964, PWN.
- Lager C. *The pilot reliability*, Stockholm 1974, Royal Institute of Technology.
- La Mettrie J.O. *Człowiek-maszyna*, Warszawa 1984, PWN.
- La Sala K.P., Siegel A.I., Sontz C. *Allocation of man-machine reliability*, „Proceedings Reliability and Maintainability Symposium” 1976.
- Lazarus R.S. *Psychological stress and the coping process*, New York 1966, McGraw - Hill.
- Lecret F., Pottier M. *La vigilance - facteur de securité dans la conduite automobile*, „Le Travail Humain” 1971, nr 34, s. 51 -68.
- Leontiew K.L., Lerner A.J., Oszanin D.A. *O niekotorych zadaczach issledowanija systiemy czełowiek - awtomat*, „Woprosy psichologii” 1961, nr 7, s. 11-12.
- Leonowa A.B., Miedwiediew W.I. *Funkcionalnyje sostojanija. czełowieka w trudowej diejatielnosti*, Moskwa 1981, Izdatielstwo Moskovskogo Gosudarstwiennogo Uniwersiteta.
- Leplat J. *Analyse du travail et genèse des conduites. Quelques perspecti théoriques en psychologie appliquée*. „International Review of Applied Psychology” 1976, nr 25, t. 1, s. 3-14.
- Leplat J. *La psychologie ergonomique*, Paris 1980, PUF.
- Leśnik - Drozdowicz E. *Typologiczne uwarunkowania skuteczności stosowania metod przeciwdziałających monotonii*, „Przegląd Psychologiczny” 1981, nr 2, s. 331 -340.
- Lewandowski N.G. *Opyt eksperimentalnogo issledowanija siensomotornoj struktury diejstwija*, „Woprosy psichologii” 1959, nr 6.
- Lincoln R.C. *Human factors in the attainment of reliability*, New York 1960.
- Linhart J. *Činnost' a poznawani*, Praha 1976, Academia.
- Lipkina A.N. *Psichologičeskij analiz truda włożennogo w uczenije*, „Woprosy psichologii” 1983, nr 6, s. 35-42.
- Łomow B.F. *O kaczestwie, nadiožnosti, standardach i czełowieczeskich faktorach*, „Standardy i kaczestwo” 1966, nr 7.
- Łomow B.F. (red.) *Osnowy inženiernej psichologii*, Moskwa 1977, „Wysszaja Szkoła”.
- Łomow B.F. *Mietodologičeskije i teorietičeskije problemy psichologii*, Moskwa 1984, „Nauka”.

Łomow B.F., Płatonow K.K. (red.) *Eksperymentalna psychologia lotnicza*, Warszawa 1984, PWN.

Łomow B.F., Wienda W.F., Zabrodin J.M. (red.) *Psichologičeskie problemy wzaimnoj adaptacyi čelowieka i masziny w sistiemach uprawlenija*, Moskwa 1980, „Nauka”.

Łomow B.F., Zawałowa N.D., Ponomarienko W.A. *Inżeniernaja psichologija. Teorija, metodologija i praktičeskoje primienienije*, w: B.F. Łomow, W.F. Rubachin, W.F. Wienda, *Inżeniernaja psichologija*, Moskwa 1977, „Nauka”.

Łopuszański J., Rzewuski J. *Funkcjonalne sformułowanie teorii niezawodności*, „Archiwum Elektrotechniki” 1962, t. 11, z. 2, s. 271 -283.

Maciejczyk J. *Reaktywność a podejmowanie decyzji w sytuacji trudnej u pilotów*, w: J. Strelau (red.) *Rola cech temperamentalnych w działaniu*, Wrocław 1974, Ossolineum.

Machač M., Machačova H. *Reliability and psychological pressure on man in work and in experiments*, „Československa Psychologie” 1980, nr 24(2), s. 167-172.

Magnusson D. *An analysis of situational dimensions*, „Perceptual and Motor Skills” 1971, nr 32, s. 851 -867.

Magnusson D. (red.) *Toward a psychology of situation. An interactional perspective*, Hillsdale, N.J. 1981, Laurence Erlbaum Association.

Magnusson D., Endler N.S. (red.) *Personality at the crossroads: Current issues in interactional psychology*, Hillsdale, N.J. 1977, Erlbaum.

Makworth J.F. *Vigilance and habituation. A neurophysiological approach*, London 1969, C. Nicolls and Co. Ltd.

Matuszyński W. *Konflikt percepcyjny jako czynnik stresu*, Katowice 1974 (maszynopis).

Marbe K. *Über Unfallversicherung und Psychotechnik*, „Praktische Psychologie” 1923, nr 4, z. 9, s. 257.

Marbe K. *Praktische Psychologie der Unfälle und Betriebeshäden*, München, Berlin 1926, Oldenburg.

Mariszczuk W.Ł., Płatonow K.K., Pletnickij J.A. *Napražennost' w poljotie*, Moskwa 1969, „Nauka”.

Mashour M. *On designing signals and their meanings*, „Ergonomics” 1977, nr 20(6), s. 659-679.

Maus M. *Sklonność do wypadków z punktu widzenia teorii ekstra - introwersji*, Katowice 1974 (praca magisterska - maszynopis).

Mazur M. *Cybernetyczna teoria układów samodzielnych*, Warszawa 1966, PWN.

McFarland R.A. *Understanding fatigue in mordem life*, w: K.H. Hashimoto, K. Kogi, B. Grandjean (red.) *Metodology in human fatigue assessment*, London 1975, Taylor and Francis.

McKenna F.P. *The human factor in driving accidents: An overview of approaches and problems*, „Ergonomics” 1982, nr 25(20), s. 867 - -877.

Megaw E.D. *Directional errors and their correction in a discrete tracking task*, „Ergonomics” 1972, nr 15, s. 633-643.

Meister D. *The problem of human - initiated failures*, „Proceedings of Eighth National Symposium on Reliability and Quality Control” 1962, s. 234 - -239.

Meister D. *Methods of predicting human reliability in man - machine systems*, „Human Factors” 1964, nr 6, s. 621 -646.

Meister D. *Human factors in reliability*, w: W.G. Ireson (red.) *Reliability handbook*, New York 1966, McGraw-Hill.

Meister D. *A critical review of human performance reliability predictive methods*, „IEEE Transactions on Reliability” 1973, nr 22(3), s. 116- -123.

Meister D. *Subjective data in human reliability estimates*, „A Reliability and Maintainability Symposium” 1978.

Meister D., Rabideau G.F. *Inżenierno -psichologičeskaja ocenka*, Moskwa 1969.

- Merkel J. *Die zeitlichen Verthultnisse der Willensthatigkeit*, „Philosophische Studien“ 1885, nr 2, s. 73-127.
- Michon J.A. *A note on the measurement of perceptual motor load*, „Ergonomics“ 1964, nr 7, s. 461-463.
- Michon J.A., Van Doorne A. *A semi - portable apparatus for the measurement of perceptual motor load*, „Ergonomics“ 1967, nr 10, s. 67-72.
- Mierlin W.S. *Oczerk teorii tiempieramienta*, wyd. 2, Pirm 1973, Pierskoje Kniznoje Izdatielstwo.
- Migdał K., Paciorek J. *Wpływ treningu relaksacyjnego na zmniejszenie działania stresu w czasie nauki katapultowania na urządzeniu UTKZ*, „Polish Psychological Bulletin“ 1987, nr 3.
- Milerjan E.A. *O nadiożnosti opieratora w rozlicznych rieżymach raboty*, „Woprosy psichologii“ 1971, nr 4, s. 60-67.
- Milerjan E.A. *O psichologiczeskich kriterijach nadiożnosti sistemy „czelowiek - maszina”*, w: *Problemy inżeniernoj psichologii*, wyd. 2, Moskwa 1971.
- Milerjan E.A. *Emocyonalno - wolewyje komponenty nadiożnosti opieratora*, w: *Oczerki psichologii truda opieratora*, Moskwa 1974, „Nauka”.
- Milerjan E.A. (red.) *Oczerki psichologii truda opieratora*, Moskwa 1974, „Nauka”.
- Miller G. A. *The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*, „Psychological Review“ 1966, nr 63(2), s. 81-97.
- Miller G.A., Galanter E., Pribram K. *Plany i struktura zachowania*, Warszawa 1980, PWN.
- Miller R.B. *Archetypes in man - computer problem solving*, „Ergonomics“ 1969, nr 12(4), s. 559-581.
- Milman W.E. *Pobuditielnyje tiendenciyi w strukturnie diejatielnosti*, „Woprosy psichologii“ 1982, nr 3, s. 5-14.
- Minoruk M., Holmes T.H. *Psychosomatic syndrom*, „Psychology Today“ 1972, April, s. 71-106.
- Mittenecker W. *Methoden und Ergebnisse der psychologischen Unfallforschung*, Wien 1962, Franz Deuticke.
- Monty R.A. *Keeping track of sequential events: Implications for the design of display*, „Ergonomics“ 1973, nr 16, s. 443-454.
- Nawrocka W. *Rola świadomości w motorycznym działaniu człowieka*, „Roczniki Naukowe AWF”, t. 16, Warszawa 1973, s. 47-79.
- Nawrocki L.H., Strub M.H., *Ceci Error categorization and analysis in man-computer systems*, IEEE Transactions Reliability, 1978, R-23.
- Neuman T. *The organization of perceptual defences as a method of predicting adaptive behavior of pilots in flight*, „Revista de Psicologia General y Aplicada” 1974, nr 29, s. 773-779.
- Neumann J., Timpe K. *Arbeitsgestaltung*, Berlin 1970.
- Newell A., Simon H. *Human problem solving*, Englewood Cliffs 1972, Prentice Hall.
- Niebylicyn W.D. *K izuczeniju nadiożnosti raboty czelowieka - opieratora w awtomatizirowannykh sistemach*, „Woprosy psichologii“ 1961, nr 6.
- Niebylicyn W.D. *Niezawodność pracy operatora w złożonym układzie sterowania*, w: Z. Kapuścińska, J. Okoń (red.) *Psychologia inżynierska w ZSRR i USA*, Warszawa 1969, KiW.
- Niebylicyn W.D. *Psichofizjologiczeskije issledowanija individualnykh razliczij*, Moskwa 1976, „Nauka”.
- Nielsen D.S. *Use of cause - consequence charts in practical systems analysis*, w: *Reliability and fault-tree analysis*, Philadelphia 1975, SIAM.
- Nikiforow G.S. *O dwuch principalnykh podchodach k problemie nadiożnosti czelowieka - opieratora*, w: *Matieriały Obszczesojuznogo Obieszczanija Psichologow*, t. 3, Moskwa 1968.



- Nikiforow G.S. *Samokontrol kak miechanizm nadziežnosti czełowieka-opieratora*, Leningrad 1977.
- Nixon F. *Jakość i niezawodność a zarządzanie przedsiębiorstwem*, Warszawa 1974, PWN.
- Nosal Cz. *Psychologia pracy*, Wrocław 1977, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej.
- Obuchowski K. *Kody orientacji i struktura procesów emocjonalnych*, Warszawa 1970, PWN.
- Okoń J. (red.) *Psychologiczne aspekty powstawania błędów w pracy*, Warszawa 1963, IW CRZZ.
- Okoń J. (red.) *Psychologia przemysłowa*, Warszawa 1971, PWN.
- Okoń J., Paluszkiwicz L. *Psychologia inżynierska*, wyd. 2, Warszawa 1966, PWN.
- Oraniewicz W. *Opis i klasyfikacja sytuacji trudnych w pracy kierowcy samochodowego*, Katowice 1974 (praca magisterska - maszynopis).
- Oszanin D.A., Konopkin O.A. (red.) *Psichologičeskie woprosy riegulacji diejatielnosti*, Moskwa 1973. „Piedagogika”.
- Paleček M. *Wozmožnosti ocenki nadiožnosti truda czełowieka-opieratora na osnovanii modelirowanija jego diejatielnosti*, Praha 1981 (maszynopis powielony).
- Paleček M., Kudmovský F. *O jednom přístupu ke koncipování funkčního modelu operatora při projektování systémů člověk - stroj*, „Bezpečná Práce” 1980, nr 11(4).
- Paluszkiwicz L. *Wpływ wprawy oraz czynników niwelujących wprawę na szybkość i dokładność odczytywania wskazań urządzeń sygnalizacyjnych*, „Prace CIOP” 1969, nr 63.
- Parsons H.M. *Man-machine systems experiments*, Baltimore 1972, J. Hopkins.
- Pascal B. *Mysli*, Warszawa 1977, PAX.
- Patykiewicz A. *Struktura czynności a struktura wyników jako regulatory zachowania się w sytuacji pracy*, Katowice 1975 (praca magisterska-maszynopis).
- Pawłow I.P. *Dwadzieścia lat badań wyższej czynności nerwowej (zachowania się zwierząt)*, Warszawa 1952, PWN.
- Payne R.P. *Human stress and cognition in organizational settings*, w: V. Hamilton, D. Warburton (red.) *Human stress and cognitions. An information processing approach*, London 1979, Wiley.
- Pepitone A. *Self, spacial environments and stress*, w: M.H. Appley, R. Trumbull (red.) *Psychological stress*, New York 1967, Appleton - Century Crofts.
- Peters A.G., Hussman T.A. *Human factors in system reliability*, „Human Factors” 1959, nr 1, t. 2, s. 38 - 50.
- Pieter J. *Psychologia uczenia się i nauczania*, Katowice 1970. „Śląsk”.
- Pietrow B., Gubinskij A. *Optimizacija i projektowanie czełowiekomaszynnych sistem*, Woroneż 1980, Izdatielstwo Politechničeskogo Instituta.
- Pitz G.P. *On the processing of information: Probabilistic and otherwise*, „Acta Psychologica” 1970, nr 34(2-3), s. 201 -213.
- Platonow K.K. *Psichologija lotnogo truda*, Moskwa 1960, Wojeizdat.
- Pocztariewa R.J. *K analizu oszibocznych diejstwij u pilotow*, „Sowietskaja psichotiehnika” 1934, nr 2, s. 24- 26.
- Pokorny B., Pavlikova J. *Užiti modelovani pri vyzkumu spohehlivosti operatora*, „Bezpečná Práce” 1977, nr 77, s. 78.
- Polak K. *Psychologiczna analiza pracy kierowcy autobusowego*, Katowice 1974 (praca magisterska - maszynopis).
- Pontecorro A.B. *A method of predicting human reliability*, „A Reliability and Maintainability Symposium”, 1965.
- Poulton R.O. *Perceptual anticipation in tracking with two - pointer displays*, „British Journal of Experimental Psychology” 1952, nr 43.

- Pozner M.I. *Short - term memory systems in human information processing*, w: A.F. Sanders (red.) *Attention and performance*, „Acta Psychologica” 1967, nr 27, s. 267-284.
- Prangiszwili A.S. *Psychologia nastawienia*, Warszawa 1969, PWN.
- Pribram K.M. *K teorii fizjologicznej psychologii*, „Woprosy psychologii” 1961, nr 2.
- Psichofizika siensornych i siensomotornych processow*, Moskwa 1984, „Nauka”.
- Puszkin W.N. *Opieratiwnoje myslenije w bolszich sistiemach*, Moskwa 1965, „Energiya”.
- Rabbit P.M.A. *Errors and error corection in choice - response tasks*, „Journal of Experimental Psychology” 1966, nr 71, s. 264-272.
- Rabbit P.M.A., Wyas S.M. *An elementary preliminary taxonomy for some errors in laboratory tasks*, „Acta Psychologica” 1970, nr 33, s. 56-76.
- Rashkis H.A., Janowski A. *System identification failure: An invariant in human error?*, „Diseases of the Nervous System” 1973, nr 34(3), s. 151-161.
- Rasmussen J. *Human errors: a taxonomy for describing human malfunction in industrial installations*, Report 1981, August M -23 -04.
- Ratajczak Z. *Psychologia inżynierska*, Katowice 1974, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Ratajczak Z. *Człowiek i praca. Psychologiczna analiza pracy*, Katowice 1977, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Ratajczak Z. (red.) *Zarys psychologii pracy*, Katowice 1979, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Ratajczak Z. *Charakterystyka człowieka z punktu widzenia jego niezawodności w układzie człowiek-maszyna*, w: *Materiały konferencji „Niezawodność w transporcie”*, Warszawa 1980, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej.
- Ratajczak Z. *Niezawodność człowieka jako warunek niezawodności układu człowiek-maszyna*, w: *Materiały konferencji „Niezawodność w transporcie”*, Warszawa 1981, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej.
- Ratajczak Z. *Subiektywne utomnienie i nadłożność człowieka w procesie truda*, w: *Tezisy dokładow „Effektywnost, kaczestwo, nadłożnost”*, Moskwa 1981, Akademia Nauk SSSR.
- Ratajczak Z. *Problemy człowieka - operatora w sytuacjach trudnych prowadzących do zagrożenia bezpieczeństwa*, w: *Materiały kolokwium „Niezawodność bezpieczeństwa”*, Warszawa 1986, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych.
- Ratajczak Z., Gibalska I. *Subjective fatigue as a factor of human reliability*, w: *Proceedings of 20-th International Congress of Applied Psychology July 1982*, s. 25-31.
- Reliability and safety. Studies of industrial psychology and physiology*, Studium nr 7, Luxemburg 1972, Commission of the European Communities.
- Regulinski T.L. *Stochastic modelling of human performance effectiveness functions*, „A Reliability and Maintainability Symposium”, 1972.
- Regulinski T.L., Askren W.B. *Mathematical modelling of performance reliability*, „Proceedings A Symposium of Reliability”, 1969.
- Reykowski J. *Stan emocjonalnego napięcia a spostrzeganie ludzi*, „Studia Psychologiczne” 1963, t. 4, s. 153-177.
- Reykowski J. *Funkcjonowanie osobowości w warunkach stresu psychologicznego*, Warszawa 1966, PWN.
- Ricketson D.S., Brown W.R., Graham K.N. *Three approaches to the investigation, analysis and prevention of human - error aircraft accidents*, „Aviation, Space and Environmental Medicine” 1980, nr 51 (g section 2), 1936-1942.
- Rigby L.V. *Why do people drop things?*, „Quality Program” 1973, September.
- Rigby L.V., Edelman D.A. *A predictive scale of aircraft emergencies*, „Human Factors” 1968, nr 10(5), s. 475-482.
- Rigney J. W. *Simulation of corrective maintenance behavior*, w: *La simulation du comportement humain*, Paris 1969, Dunod.

- Rosner J. *Podstawy ergonomii*, Warszawa 1982, PWN.
- Rouse W.B., Rouse S.H. *Analysis and classification of human errors*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1983, t. SMC 13.
- Rozdiestwienskaja W.I. *Indywidualnyje razliczija rabotosposobnosti*, Moskwa 1980, „Nauka”.
- Rubin M.O. (red.) *Man in systems*, New York 1971, Gordon and Breach. Rzepa T. *Typologiczne determinanty funkcjonowania operatora w warunkach monotonii pracy*, „Ergonomia” 1980, t. 3, nr 2, s. 151 -164.
- Safren M.A., Chapanis A. *A critical incident study of hospital medication error*, „Hospitals” 1960, May, reprint.
- Sanders A.F. (red.) *Attention and performance*, „Acta Psychologica” 1967, t. 27.
- Sanders J.W. *Is there a cure for human error?*, „Psychology Today” 1980, April, s. 52 - 62.
- Sandia A.D. *Statistics, computing and human factors division*, w: *5-th Safety System Conference*, Denver, Colorado 1981.
- Sandler G.H. *System reliability engineering*, Englewood Cliffs 1963, Prentice Hall.
- Schauten J.T., Bekker J.A.M. *Reaction time and accuracy*, „Acta Psychologica” 1967, nr 27, s. 143- 156.
- Selye H. *Stress in health and disease*, Boston 1976, Butterworths.
- Sem-Jacobsen O.W. *Brain - computer communication to reduce human error: a perspective*, „Aviation, Space and Environmental Medicine” 1981, January, s. 33-37.
- Sheridan T.B. *Human error in nuclear power plants*, „Technological Review” 1980, February, nr 83, s. 24-33.
- Siegel A.I., Federman P.J. *Prediction of human reliability*, „Applied Psychological Services” 1971, November Technical Report.
- Siegel A.I., Wolf J.J., Lautman M.R. *A family of models for measuring human reliability*, „Proceedings of Reliability and Maintainability Symposium” 1975.
- Siegel A.I., Wolf J.J., Williams A.R. *A model for predicting integrated man - machine systems reliability*, t. II: *Model validation*, Selected Documents 1979, August, tom 9.
- Siereda G. (red.) *Inżynierska psychologia*, Kijew 1976, „Wysszaja Szkoła”. Simon H.A. *How big is a chunk?*, „Science” 1974, nr 183.
- Singleton W.T. *Techniques for determining the cause of errors*, „Applied Ergonomics” 1972, nr 3, s. 126-131.
- Singleton W.T. *Theoretical approaches to human error*, „Ergonomics” 1973, nr 16, s. 727-737.
- Singleton W.T. *Psychological aspects of man-machine systems*, w: P.B. Warr (red.) *Psychology at work*, London 1974, Penguin Books.
- Singleton W.T., Easterby R.S., Whitfield D. *The human operator in complex systems*, London 1971, Taylor and Francis.
- Skłodowski H. i in. *Wpływ stresogennych bodźców psychospołecznych na kadre kierowniczą zatrudnioną przy nadzorze technologicznej przeróbki ropy naftowej*, Łódź 1984 (maszynopis).
- Slovic P. *Towards understanding and improving decisions*, w: W.O. Howell, E.W. Fleishman (red.) *Human performance and productivity*, t. 2: *Information processing and decision making*, Hillsdale, N.J. 1981, Erlbaum.
- Slovic P., Fischhoff B., Lichtenstein S. *Behavioral decision theory*, „Annual Review of Psychology” 1977, nr 28, s. 1 -29.
- Slovic P., Fischhoff B., Lichtenstein S. *Why study risk perception?*, „Risk Analysis” 1982, nr 2, s. 83-93.
- Smith C.O. *Introduction to reliability in design*, New York 1976, McGraw- Hill.
- Smith K., Smith W. *Perception and motion*, Philadelphia, London 1962.
- Smith W.M., McCrary J.W., Smith K. *Delayed visual feedback and behavior*, „Science” 1980, nr 132, s. 1913-1914.

Soutz C., Lamb J.C. *Predicting system reliability from human data*, „Proceedings of a Reliability and Maintainability Symposium” 1975.

Sperandio J.C. *Variation of operator's strategies and regulating effects on work load*, „Ergonomics” 1971, nr 14, s. 571 -577.

Sperandio J.C. *L'ergonomie du travail mental*, Paris 1984, Masson.

Sperandio J.C., Bissere A. *Facteur humain dans l'étude des dispositifs d'entrée de l'information*, „Bulletin du C.E.R.P.” 1968, nr 14(4), s. 337 - 393.

Spodarczewska B. *Analiza cech charakteryzujących sytuacje wypadkowe oraz ich wpływ na zachowanie się kierowców*, Katowice 1978 (praca magisterska - maszynopis).

Stárny J. *Teorie spoehlivosti*, Praha 1973, CVUT.

Staszewicz A. *Ekstrawersja, introwersja i neurotyzm a niezawodność operatorów sytuacji subiektywnego zmęczenia*, Katowice 1981 (praca magisterska - maszynopis).

Strelau J. *Temperament i typ układu nerwowego*, Warszawa 1969, PWN.

Strelau J. *Temperament, osobowość, działanie*, Warszawa 1985, PWN.

Strelau J. *Temperament - Personality - Activity*, London 1985, Academic Press.

Strizhenec M. *Mental models of problems and their experimental investigation*, „Studia Psychologiczne” 1976, nr 18, t. 2, s. 125-131.

Strózik L. *Postawa wywiązywania się z zadań u mistrzów a ich niezawodność w pracy*, Katowice 1981 (praca magisterska - maszynopis).

Studenski R. *Biologiczny rytm zmian sprawności człowieka a wypadki*, „Przegląd Psychologiczny” 1981, t. 24(4), s. 805-814.

Suworowa W.W. *Charakter oszibok i zatrudnienij pri obuczenii i pri pieriestojkie proizvodstwiennoj diejatielnosti*, „Izwestia APN RSFSR” 1958, nr 91, s. 23-41.

Suworowa W.W. *Psichofizjologija striessa*, Moskwa 1975, „Piedagogika”.

Swain A.D. *Some problems in the measurement of human performance in man-machine systems*, „Human Factors” 1964, December.

Swain A.D. *An error - cause removal program*, „Human Factors” 1973, nr 15.

Swain A.D. *Shortcuts in human reliability analysis, generic techniques in systems reliability assessment*, Leyden 1974, Noordhoff.

Swain A.D., Guttman H.E. *Human reliability analysis applied to nuclear power*, „Proceedings of a Reliability and Maintainability Symposium” 1975.

Swets J.A., Tanner W.P. Jr., Birdsall T.G. *Decision processes in perception*, „Psychological Review” 1961, nr 68, s. 301 -340.

Swiecznikow S.W., Szkwar A.M. *Niejrotiechniczieskije sistiemy obrabotki informacyi*, Kijew 1983, „Naukowa Dumka”.

*Symposium: Psychischer Regulation von Arbeitstatigkeiten (Innere Modelie), „Mensch-Maschine Systeme Beanspruchung und Realstudy”*, Dresden 1974, November.

Szewczuk W. *Teoria monotonijnego zmęczenia*, „Zeszyty Problemowe Nauki”, z. 17, Wrocław, Warszawa 1960, s. 219-237.

Szybanow G.P. *Ocenka effiektiwnosti raboty ekipaży w usłowijach striessa*, w: J.M. Zabrodin i in. *Psychologiczieskije problemy kosmiczeskich poliotow*, Moskwa 1979, „Nauka”.

Talejko B. *Samopoczucie człowieka i jego psychiczna zdolność do pracy*, Warszawa 1977, IW CRZZ.

Telford C.N. *Refractory phase of voluntary and associative response*, „Journal of Experimental Psychology” 1931, nr 14.

Terelak J. *Człowiek w sytuacjach ekstremalnych. Izolacja antarktyczna*, Warszawa 1982, Wydawnictwo MON.

Terelak J. *Psychologiczne problemy niezawodności człowieka na przykładzie optymalizacji bezpieczeństwa pracy pilota*, w: *Materiały kolokwium „Niezwadność systemu: obiekt techniczny-człowiek”*, Warszawa 1984, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych.

Terelak J. *Wpływ sytuacji ekstremalnych na psychikę człowieka i powstawanie stanów niebezpieczeństwa*, w: *Materiały kolokwium „Niezawodność bezpieczeństwa”*, Warszawa 1986, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych.

Thompson C.W.N. *Model of human performance reliability in health care systems*, „A Reliability and Maintainability Symposium” 1974.

Thorndike B.L. *A constant error in psychological ratings*, „Journal of Applied Psychology” 1920, nr 4, s. 25-29

Thorndike B.L. *The fundamentals of learning*, New York 1932, Columbia University Press.

Tieplow B.M. *Niekotoryje woprosy izuczenija obszczich tipow wysszej nierwnoj dejatelnosti czelowieka i żywotnych*, Moskwa 1956, Izdatielstwo Akademii Piedadagogicznych Nauk RSFSR.

Tieplow B.M. *Problemy indywidualnych razliczij*, Moskwa 1961, APN RSFSR.

Tolman F.C. *Purposive behavior in animals and man*, New York 1932, Appleton Century - Crofts.

Tomaszewski T. *Automatyzm i świadomość w pracy produkcyjnej*, w: B. Biegieleisen - Żelazowski (red.) *Wiedza o pracy ludzkiej*, Warszawa 1959, KiW.

Tomaszewski T. *Człowiek jako podmiot czynności*, „Wychowanie” 1966, nr 1, s. 3-5.

Tomaszewski T. *Aktywność człowieka*, w: M. Maruszewski, J. Reykowski, T. Tomaszewski *Psychologia jako nauka o człowieku*, Warszawa 1966, KiW.

Tomaszewski T. *Wstęp do psychologii*, Wyd. 2, Warszawa 1967, PWN.

Tomaszewski T. *La situation d'accident*, „Le Travail Humain” 1970, t. 33, nr 3 - 4.

Tomaszewski T. (red.) *Psychologia*, Warszawa 1975, PWN.

Tomaszewski T. *Środowiskowe i sytuacyjne uwarunkowania życia, rozwoju i działalności człowieka*, „Badania Oświatowe” 1978, nr 1, s. 25-35.

Tomaszewski T. *Motywacja do pracy zinstytucjonalizowanej*, w: M. Pęcherski, J. Tudrej (red.) *Procesy samoregulacji w oświacie*, Warszawa 1983, PWN.

Tomaszewski T. *Ślady i wzorce*, Warszawa 1984, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.

Tomaszewski T., Stadnicki R. *Błędy przy seryjnej realizacji dwóch różnych instrukcji*, „Studia Psychologiczne” 1963, nr 4, s. 55-73.

Trąbka J. *Wyznaczanie dopuszczalnych granicznych oddziaływań czynników wymuszających dla człowieka*, w: *Materiały kolokwium „Niezawodność bezpieczeństwa”*, Warszawa 1986, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych.

Treat J.R. *A study of precrash factors involved in traffic accidents*, „HSRI Research Review” 1980, May-August, nr 10(6)-11(1).

Tversky A., Kahneman D. *The framing of decisions and the psychology of choice*, „Science” 1981, nr 211, s. 453-458.

Tyszką T. *Analiza decyzyjna i psychologia decyzji*, Warszawa 1986, PWN. Tyszkowa M. *Zachowanie się dzieci szkolnych w sytuacjach trudnych*, wyd. 3, Warszawa 1986, PWN.

Uszakowa T.N. *Usłowija priedjawlenja informacyi na panelach signalizacji i upravlenja*, „Woprosy psichologii” 1963, nr 1.

Uznadze D.N. *Osnownyje położenija tieorii ustanowki*, Tbilisi 1961.

Van Barrison R. *Person - environment fit and job stress*, w: C.L. Cooper, R. Payne (red.) *Stress at work*, New York 1980, J. Wiley.

Van Nes F. *Proceedings of V-th International Congress of Ergonomics*, Amsterdam 1973.

Walentine C.W. *The relative reliability of men and women in intuitive judgments of character*, „British Journal of Psychology” 1929, nr 19, s. 213-238.

Walentyłowicz B. *Pojęcie niezawodności działania urządzeń technicznych i jego przydatność w rozważaniach nietechnicznych*, „Materiały Prakseologiczne” 1966, nr 22.

Weimer H. *Psychologie der Fehler*, Berlin 1929.

- Welford A.T. *The psychologist's problem in measuring fatigue*, w: P. Floyd, A.T. Welford (red.) *Symposium on fatigue*, London 1953, Lewis.
- Welford A.T. *Stress and performance*, „Ergonomics” 1973, nr 16, s. 567-580.
- Welford A.T. *Choice reaction time: basic concept*, w: A.T. Welford (red.) *Reaction time*, London 1980, Academic Press.
- Welford A.T. *The single - channel hypothesis*, w: A.T. Welford (red.) *Reaction time*, London 1980, Academic Press.
- Whitfield D. *Human skills as determinant of allocation of functions*, „Ergonomics” 1967, nr 2, s. 154-160.
- Whitlof J.W., Estes W.K. *Judgements of relative frequency in relation to shifts of event frequencies: evidence for limited capacity model*, „Journal of Experimental Psychology, Human Learning and Memory” 1979, nr 5, s. 495-521.
- Wichrowski A. *Psychologiczne uwarunkowania niezawodności pracy operatora (przegląd wybranych koncepcji i badań empirycznych)*, Łódź 1984 (maszynopis).
- Wickelgren W.A. *Speed - accuracy trade-off, an information processing dynamics*, „Acta Psychologica” 1977, nr 41, s. 67-85.
- Wiekier L.M., Lape J.P. *K problemie postrojenia osiowego obrazu*, „Woprosy psychologii” 1961, nr 5.
- Wienda W.F. *Inżynierska psychologia i syntez systemów obrazowania informacji*, Moskwa 1975, „Maszynostrojenije”.
- Wienda W.F. *Ergonomic problems of individual adaptation of operators work means*, „Ergonomics” 1976, nr 19, s. 3.
- Wienda W.F., Łomow B.F. *Human factors leading to engineering safety systems*, „Hazard Prevention” 1980, March/April.
- Willis H.R. *Biorythm and its relationship to human error*, „Proceedings of 16-th Annual Meeting of the Human Factors Society”, Beverly Hills 1972, s. 274-282.
- Wiśniacka R. *Przyczynę do badań eksperymentalnych nad błędami w zeznaniach świadków*, „Przegląd Filozoficzny”, Warszawa 1932, s. 330.
- Włodarski Z. *Badania trwałości pamięciowych śladów wrażeń*, „Studia Psychologiczne” 1963, t. 4.
- Włodarski Z. *Problematyka błędów czasu*, „Przegląd Psychologiczny” 1968, nr 4, s. 187-199.
- Wohl A. *Studia nad motorycznością ludzką*, Warszawa 1972, PWN.
- Wolfson R.J., Carrol T.M. *Ignorance, error and information in the classic theory of decision*, „Behavioral Science” 1976, t. 21, s. 107-115.
- Wyer R.S. *Changes in meaning and halo effects in personality impression formation*, „Journal of Personality and Social Psychology” 1970, nr 29, s. 829-835.
- Wytyczak L. *Z zagadnień psychologii błędów uczniowskich*, „Chowanna” 1963, nr 4.
- Yntem D.D. *Keeping track on several things at once*, „Human Factors” 1963, nr 5, s. 7-17.
- Zadacz i metody profesjonalnej psychodiagnostyki, Kijew 1981, „Naukowa Dumka”.
- Zaporożec A.W. *Razwitiye proizwolnych dwizenij*, Moskwa 1960, APN. Zawaliszyna D.N. *Diejatielnost' operatora w uslowijach deficyta wriemieni*, w: B.F. Łomow (red.) *Inżynierska psychologia*, Moskwa 1977, „Nauka”.
- Zawaliszyna D.N. *Psichologiczeskij analiz operatiwnogo myszlenija*, Moskwa 1985, „Nauka”.
- Zawaliszyna D.N., Puszkina W.N. *O myszlenii dispietczera*, w: D.A. Oszanin (red.) *Psichologija i tiechnika*, Moskwa 1963.
- Zimny Z. *Racjonalność działań jednostkowych i społecznych*, Katowice 1977, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomicznej.
- Zinczenko W.P. *Niekotoryje osobienosti orientirowocznych dwizenij ruki i glaza i ich rol w formirowanii dwigatielnych nawykow*, „Woprosy psychologii” 1956, nr 6.
- Zinczenko W.P. *Dwizenija glaz i formirowanije obraza*, „Woprosy psychologii” 1958, nr 5.

Zinczenko W.P. VII *Wsiesojuznyj Simpozjum po Effiektiwnosti i Nadiożnosti Ergaticzeskich Sistiem*, Nowgorod 1981, Leningradskij Elektrotiechniczeskij Institut (wprowadzenie do dyskusji).

Zinczenko W.P., Leonowa A., Strielkow K. *Psichometrika utomlienija*, Moskwa 1977, „Nauka”.

Zinczenko W.P., Łomow B.F. *O funkcjach dwiżenij ruki i głaza w processie wosprijatija*, „Woprosy psichologii” 1960, nr 4.

Zinczenko W., Majzel M., Nazarow A., Cwietkow A. *Analiza pracy operatora*, w: Z. Kapuścińska, J. Okoń (red.) *Psychologia inżynierska w ZSRR i USA*, Warszawa 1969, KiW.

Zubek J.P. *Sensory deprivation: Fifteen years of research*, New York 1969, Appleton Century - Crofts.

Zuckerman M. *Sensation seeking and anxiety traits and states as determinants of behavior in novel situation*, w: I.G. Sarason, O.I. Spielberger *Stress and anxiety*, London 1976, J. Wiley.

Poznanie prawidłowości rządzących działaniem człowieka z punktu widzenia jego niezawodności ma znaczenie nie tylko dla psychologii pracy, lecz także dla pozostałych dziedzin psychologii stosowanej, takich jak psychologia kliniczna oraz psychologia wychowawcza, a wyniki badań nad człowiekiem znajdującym się w sytuacjach stawiających wysokie wymagania jego psychice mają głęboki sens humanistyczny.