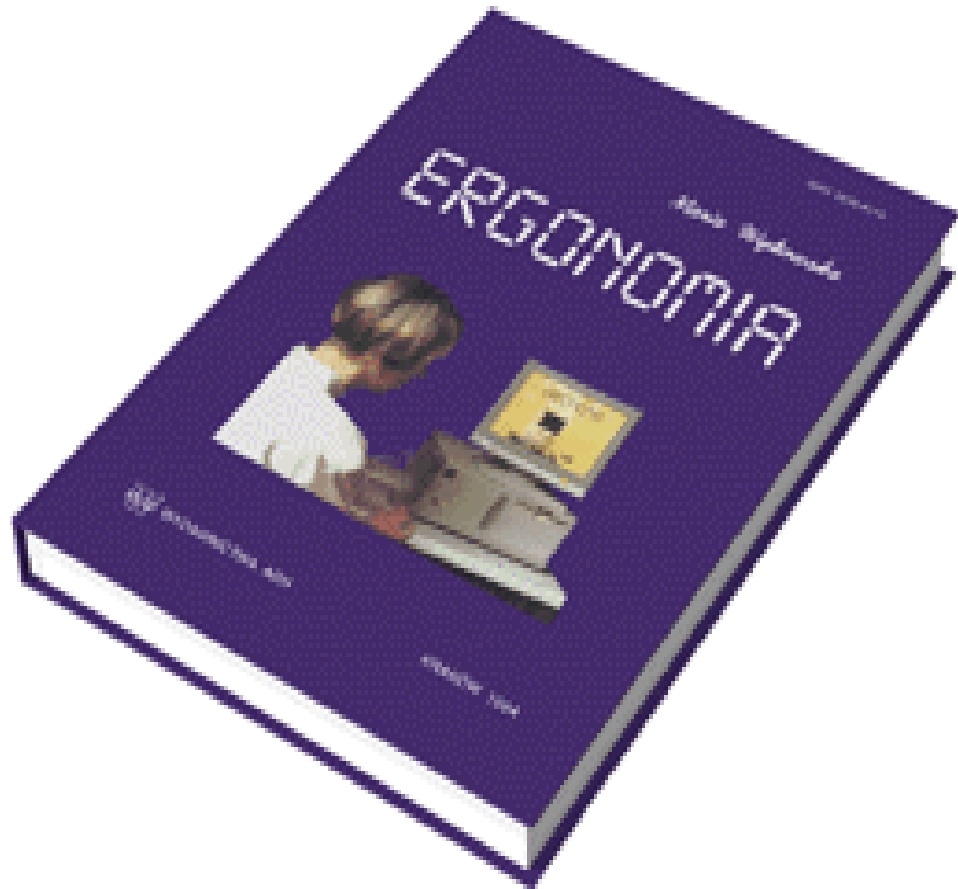


ERGONOMIA - WYDANIE INTERNETOWE



Okładka książki prezentowanej na stronach internetowych.

KSIĄŻKOWY SPIS TREŚCI

Okladka książki	
Spis treści	3
Wstęp	5
Definicje, cele i zakres ergonomii	6
Podstawowy układ ergonomiczny	7
Charakterystyka procesu pracy	10
Zasady stosowania przerw	11
Zasady prawidłowej organizacji pracy	12
Etapy procesu pracy	12
Obciążenie człowieka pracą	15
Określenie wydatku energetycznego	16
Ocena obciążenia statycznego	18
Ocena monotypowości ruchów roboczych	19
Obciążenie psychiczne pracownika	20
Efekt fizjologiczny obciążenia człowieka pracą	21
Parametry charakteryzujące sylwetkę człowieka	23
Antropometria	23
Pozycja ciała człowieka przy pracy	28
Antropometryczne zasady kształtowania obszarów pracy	29
Twór techniki jako element układu ergonomicznego	34
Parametry przestrzenne stanowiska pracy i jego elementów składowych	35
Granice przestrzeni roboczej	35
Struktura przestrzenna stanowiska pracy	36
Granice przestrzeni manipulacyjnej	37
Kształt i wymiary siedzisk	38
Strefy wygody i identyfikacji wzrokowej	39
Rozmieszczenie elementów informacyjnych i sterujących	46
Pierwszy człon układu ergonomicznego - człowiek	50
System alimentacyjny człowieka	52
Układ trawienny	55
Układ wydalniczy	55
Układ krwionośny	56
Układ limfatyczny	58
Układ oddechowy	58
Układ mięśniowy	60
System informacyjny człowieka	62
System immunologiczny człowieka	65
System hormonalny człowieka	66
System nerwowy człowieka	67
Ośrodkowy system nerwowy	68
Obwodowy system nerwowy	72
Autonomiczny system nerwowy	72
System regulacji człowieka	75
System sterowania człowieka	79
System sensoryczny człowieka	87
Proces widzenia	91

Proces słyszenia	95
Zmysł orientacji	107
System somatyczny i wiscerosensoryczny	108
Zmysł smaku	110
Zmysł powonienia	112
Czynniki materialne środowiska pracy	112
Mikroklimat	114
Drgania mechaniczne	121
Hałas	131
Zanieczyszczenia pyłowe i gazowe	141
Promieniowanie elektromagnetyczne (e-m)	149
Promieniowanie wielkiej częstotliwości (w-cz)	151
Promieniowanie podczerwone	154
Promieniowanie widzialne i spójne. Oświetlenie	158
Promieniowanie nadfioletowe	171
Promieniowanie jonizujące	173
Elektryczność statyczna	179
Literatura	185

WSTĘP

Egzystencja człowieka jest uzależniona od konieczności utrzymania stałości środowiska wewnętrznego organizmu - tzw. *homeostazy*. Wiąże się to z wymianą jaka zachodzi między żywym organizmem a otoczeniem, czy to materii, energii lub informacji. Z reguły, człowiek musi wytwarzać niezbędne do życia dobra. Wykonywana przez niego praca często stanowi zagrożenie. Eliminacja, lub chociażby ograniczanie zagrożeń, wymaga zarówno znajomości samego człowieka, jak również elementów uczestniczących w procesie pracy oraz relacji między nimi. W rozwiązaniu tego problemu mogą być pomocne nauki dostarczające informacji o właściwościach człowieka, produktów techniki oraz środowisku. Nauki techniczne pozwalają poznać właściwości stosowanych materiałów, konstrukcji, jak i zachodzące procesy technologiczne ze względu na użytkowy charakter pracy. Jak dotąd istotą inżynierii było projektowanie, wytwarzanie i eksploataowanie wytworów techniki. Jednakże sens ich nie tkwi w samej ich doskonałości (technicznej, eksploatacyjnej, ekonomicznej itd) lecz w służebnej ich roli wobec społecznych potrzeb i spodziewanych następstw. Przedmiotem projektowania i jego realizacji był wyizolowany z otoczenia element układu człowiek - wytwór techniki (rys 1.1).



Rys.1.1. Pierwotny schemat blokowy podstawowego układu ergonomicznego.

Konwencja inżynierii zmienia się jednak. Współczesny technik musi przede wszystkim poznać uwarunkowania humanizacyjne, czyli wyeksponowanie **podmiotowej** roli człowieka. Uzyskać to można poprzez realizację sprzężenia zwrotnego ww. układu. Jest to jednak obraz nie pełny, o ile nie obejmuje jeszcze trzeciego składnika jakim jest środowisko, w którym zachodzi dany proces. Dyscypliną łączącą te dziedziny jest **ergonomia** - nauka wielodyscyplinarna, której istotą jest badanie relacji między pracownikiem, a pozostałymi elementami uczestniczącymi w procesie pracy.

Posługując się metodami poszczególnych dziedzin składowych, ergonomia:

- przeprowadza analizę relacji zachodzących między pracownikiem, a pozostałymi elementami pracy,
- stawia diagnozę dot. : stanu, przyczyny, znaczenia i rozwoju,
- określa na tej podstawie w sposób systemowy, syntetyczny projekt rozwiązań optymalnych.

DEFINICJA, CELE I ZAKRES ERGONOMII

Obecnie wymagana jest zmiana metodologii inżynierskich i uczestnictwa specjalistów o orientacji wielodyscyplinarnej. **Ergonomia** jest dyscypliną techniczną humanistycznie zorientowaną. Zainteresowana jest poszukiwaniem najlepszych środków, sposobów, warunków i środowiska, przy traktowaniu pracy jako narzędzia doskonalenia i wyzwolenia człowieka przy tworzeniu nowych wartości.

Przedmiotem ergonomii jest relacja układu człowiek - elementy pracy (rys 2.1), w celu zapewnienia higieny, bezpieczeństwa i komfortu pracy, przy założeniu wysokiej sprawności procesu produkcyjnego. Wiedza o relacjach między elementami tego układu powinna obejmować zagadnienia: co robić, jak, jakie mogą się z tym wiązać zagrożenia oraz jak ich unikać.



Rys.2.1. Ujęcie blokowe przedmiotu ergonomii.

Celem ergonomii jest humanistyczna i użytkowa optymalizacja elementów pracy przez dostosowanie ich do właściwości organizmu ludzkiego, funkcjonującego w sztywnych granicach swego środowiska wewnętrznego z uwzględnieniem środowiska zewnętrznego. Ergonomia przede wszystkim oparta jest na znajomości samego człowieka. Z kolei wiedza ta znajduje zastosowanie do projektowania właściwego stanowiska pracy. Może zatem być zaliczana do nauk stosowanych, rozwijając się w kierunku w jakim występuje zapotrzebowanie. Narodziła się co prawda w oparciu o korekty stanu już istniejącego, ale celem jej jest projektowanie lepszego świata. Nazwę swą wzięła z języka greckiego, gdzie **ergon** znaczy praca, a **nomos** - prawo, prawidłowość.

Projektowanie ergonomiczne przyjęto rozpatrywać w skali mikro i makro. Projektowaniem mikroergonomicznym określa się ergonomię pierwszej i drugiej generacji, przy czym:

Do pierwszej generacji zalicza się:

- badanie zjawisk percepcji,
- zagadnienia antropometrii,
- analizę i projektowanie względnie wyizolowanych systemów: człowiek - obiekt techniczny,

Do drugiej generacji zalicza się:

- badanie procesów poznawczych i decyzyjnych człowieka,
- interakcję **człowiek - komputer**,

Makroergonomię zalicza się do trzeciej generacji. Dotyczy badania systemów złożonych. Jej wieloobiektowy przedmiot projektowania (organizację) traktuje się jako nieodłączny komponent otoczenia zewnętrznego, zawsze jako fragment większej całości. Dążąc do optimum funkcjonowania całego systemu nie należy utożsamiać go z maksimum efektywności ekonomicznej.

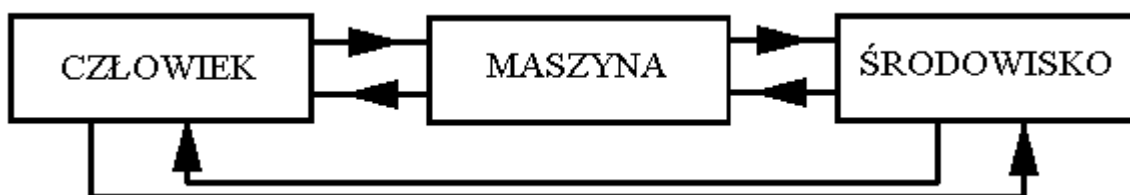
Zadaniem ergonomii jest racjonalne ukształtowanie stanowisk pracy przy jak najmniejszym koszcie biologicznym człowieka.

Głównym przykazaniem ergonomisty jest troska o to, by człowiek pracujący nie był zmuszony tworzyć wartości niższych za cenę utraty wartości wyższych.

Zastosowanie ergonomia znajduje w każdej dziedzinie działalności człowieka. Na przestrzeni lat ergonomia poddana była ewolucji. Zrodziła się jako **ergonomia korekcyjna**, której zadaniem była poprawa stanu już istniejącego. Sprecyzowane na jej podstawie przesłanki dały podstawy do wykształtowania się **ergonomii koncepcyjnej** (zastosowanie wytycznych ergonomicznych w trakcie procesu projektowania). Obecnie ergonomia traktowana jest **systemowo**, czyli jest uwzględniana współzależność elementów biorących udział w procesie pracy.

PODSTAWOWY UKŁAD ERGONOMICZNY

Rozwój nauki i techniki wywołuje u człowieka dążenie do komfortu niezależnie od tego czy dana czynność jest wykonywana zawodowo, czy też nie. Komfort stworzył konieczność analizy **relacji** jakie zachodzą między człowiekiem, jego działaniem w procesie pracy a środowiskiem. Każde stanowisko pracy można przedstawić symbolicznie w postaci dwóch elementów składowych, reprezentujących z jednej strony człowieka, a z drugiej - środki pracy. Jego oba elementy są symboliczne. Pod pojęciem **człowieka** może kryć się zarówno jednostka jak i grupa osób. Podobnie ma się rzecz z drugim elementem układu. Środkami pracy może być: narzędzie jedno urządzenie lub też cały ciąg produkcyjny. Samo stanowisko pracy może też stanowić drugi człon układu. Pomiędzy tymi dwoma elementami zachodzą stale pewne procesy, wynikające z ich wzajemnego oddziaływania. Oba te elementy działają w konkretnych warunkach środowiska zewnętrznego. Ma ono wpływ na każdy z tych elementów (choć różny). Także i elementy układu mają wpływ na otoczenie, zarówno bliższe jak i dalsze. Dlatego też trafniejszym pojęciem jest **układ człowiek - maszyna - środowisko** (rys 3.1). Termin "układ" rozumiany jest tu jako "system". Jest on wieloznaczny, dotyczy zbioru zasad postępowania względnie sposobów zorganizowania, uporządkowania lub podporządkowania elementów tworzących całość.



Rys.3.1. Jedno z pojęć podstawowego układu ergonomicznego w ujęciu blokowym.

Informacji do właściwego działania elementów składowych tego układu dostarczają wyniki badań wielu dyscyplin naukowych. Materiał ten jest przez ergonomię integrowany pod kątem optymalnego ich wspólnego działania dla dobra człowieka i wynikającego zeń efektu. Stąd też daje się zauważyć interdyscyplinarny charakter tej dziedziny naukowej i jej kompleksowość. Ergonomia gromadzi specjalistów wielu dyscyplin naukowych. Są oni jednak zobowiązani do stosowania kategorii ergonomicznych. Wypracowany przez nich rezultat powinien być kompatybilny. Zdobyte nauki i techniki, z jednej strony prowadzą do wyższego poziomu życia, a z drugiej - powodują nieprzewidziane skutki ujemne.

Człowiek ze względu na swe właściwości (zachowanie równowagi wewnętrznej organizmu -homeostazę) wymaga prawie że stałych warunków środowiska, w którym przebywa. Tymczasem środowisko pracy w większości przypadków, stanowi zagrożenie dla niego przez swe oddziaływanie. Utrzymanie homeostazy organizmu w niekorzystnym środowisku wiąże się z olbrzymim kosztem fizjologicznym. Parametry środowiska pracy w Polsce przekraczają dopuszczalne poziomy ekspozycji dla co najmniej 1,5 mln zatrudnionych. Ze złymi warunkami pracy wiążą się określone skutki społeczno-ekonomiczne jak choroby zawodowe, czy wypadki przy pracy.

- ochrony zdrowia i opieki społecznej - choroby zakaźne i inwazyjne (głównie wirusowe zapalenie wątroby i gruźlica płuc),
- budownictwa - uszkodzenia słuchu, pylice, choroby skóry i pylice płuc.

Uwzględniając liczbę pracujących osób wprowadzono pojęcie współczynnika zachorowalności.

TABELA 3.2

Dane statystyczne dotyczące chorób zawodowych w uspołecznionej gospodarce w 1995 r.

1. zawodowe uszkodzenie słuchu	28,9%
2. choroby zakaźne i inwazyjne	10,5%
3. choroby narządu głosu	26,5%
4. choroby skóry	6,1%
5. pylica płuc	7,6%
6. zespół wibracyjny	3,6%
7. zatrucia	3,6%
8. pozostałe	13,2%

Największą wartość współczynnika zachorowalności na choroby zawodowe w Polsce stwierdzono wśród osób zatrudnionych w: przemyśle, leśnictwie, oświacie i ochronie zdrowia.

Poza chorobami zawodowymi mają miejsce wypadki przy pracy. Jak wykazuje statystyka GUS, w 1995 r. zarejestrowano 200 tys. **wypadków przy pracy**, z czego co trzeci powodował absencję powyżej 28 dni, a ~ 1200 było śmiertelnych. Statystycznie można to ująć, że co 3 sek. dochodzi do wypadku, a co 3 godziny ginie człowiek. Do tego trzeba dodać przedwczesne zawodowe inwalidztwo spowodowane złym stanem bezpieczeństwa pracy i ergonomii.

Obecnie na rynku bezpieczeństwa pracy pojawiło się nowe pojęcie - **ryzyko zawodowe**. Ryzyko identyfikuje się z prawdopodobieństwem wystąpienia niepożądanych zdarzeń zagrażających zdrowiu i życiu człowieka oraz jego otoczenia. Związane jest ściśle z niepewnością informacyjną, wartościowaniem i potrzebą podejmowania decyzji. Ryzyko może być niezależne od wyboru ludzkiego (zjawiska przyrodnicze) i zależne - dobrowolne (nałogi, niebezpieczne sporty itd.). Można też mówić o ryzyku zawodowym związanym z działalnością zawodową. W środowisku pracy można wyróżnić następujące główne źródła ryzyka:

- emisja substancji toksycznych,
- emisja czynników fizycznych,
- stan techniczny środków pracy i ergonomiczność stanowisk,
- awarie.

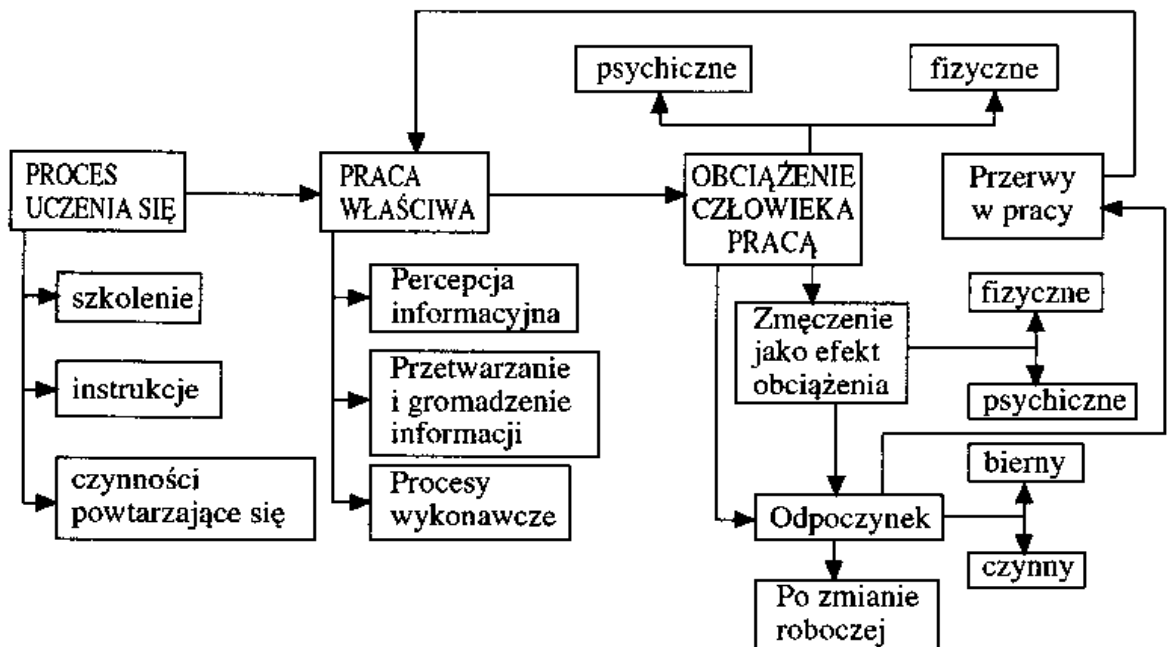
Skutki ryzyka mogą być uciążliwe, szkodliwe a nawet śmiertelne. W ujęciu czasowym rozróżnia się działanie skutków krótko-, średnio- i długotrwałe. W odniesieniu do środowiska uwzględnia się klasyfikację ryzyka o zasięgu: lokalnym, regionalnym i globalnym.

Korzystanie z oceny ryzyka polega na przyjęciu poziomu ryzyka i wprowadzeniu już w fazie projektowej wszelkich środków zapobiegawczych tego co ma ulec zniszczeniu.

CHARAKTERYSTYKA PROCESU PRACY

Z fizjologicznego punktu widzenia pracą będzie nazywana każda wykonywana czynność. Analizując proces pracy zawodowej w stosunku do czasu zatrudnienia można wyróżnić w nim następujące okresy:

1. **przedstartowy** (zw. z przygotowaniem stanowiska lub samego pracownika do czynności roboczych),
2. **wyjściowy** (stan psychofizyczny pracownika przed podjęciem pracy),
3. **nauki** (nabieranie wprawy - krzywa pracy charakteryzuje się wówczas dużą rozbieżnością parametrów określających proces pracy np.: czas reakcji; ilość: odebranych informacji, błędów itp.),
4. **równowagi roboczej** (w krzywej pracy widoczne tj. w postaci najlepszych wyników badanych parametrów),
5. **zmęczenia** (w krzywej pracy pojawiają się najpierw sporadycznie, a potem coraz częściej, gorsze wartości badanych parametrów).



Rys.4.1. Zdarzenia zachodzące w procesie pracy.

Po zakończeniu wykonywanych czynności, całkowitym czy nawet chwilowym (w przerwach), daje się zauważyć powrót parametrów chemodynamicznych organizmu do stanu wyjściowego. W analizie obciążenia człowieka pracą można ten stan zaobserwować jako poprawę badanych parametrów fizjologicznych. Stan ten określany jest jako okres **restytucji**.

Optymalnemu kosztowi fizjologicznemu, jaki ponosi wówczas organizm człowieka odpowiadają wartości graniczne (górną i dolną) strefy jego **niezawodności**. Poza nią występują **strefy błędów** dotyczące:

- *przeciążenia* sensorycznego - powyżej górnej granicy prawidłowego działania człowieka (niezawodności),
- *głodu* sensorycznego (deprawacji) - poniżej dolnej granicy niezawodności człowieka.

Granice tych stref są labilne, zależne od:

- zdolności adaptacyjnych człowieka do zakłóceń wywołanych zarówno czynnikami wewnętrznymi jak i zewnętrznymi,
- dynamiki i rozciągłości krzywej uczenia się,
- rodzaju i ilości pracy,
- możliwości do mobilizacji sił w sytuacjach trudnych,
- rodzaju i przebiegu zmęczenia,
- motywacji, postawy moralnej,
- cech osobniczych (temperament, charakter, stan psychiczny itd.).

Za dopuszczalną granicę obciążenia człowieka pracą przyjmuje się wysiłek, przy którym, w trakcie pracy, tętno pracownika stabilizuje się, a okres restytucji po całkowitym zakończeniu wysiłku nie przekracza **15 min**. Uznaje się, że granica trwałej wydajności pracy jest osiągnięta wówczas, kiedy przeciętna wartość tętna jest o **30 uderzeń / min** większa niż dla stanu spoczynkowego.

Zarówno po całkowitym zakończeniu procesu pracy, jak i w trakcie trwania strefy błędów możliwy jest proces odnowy organizmu. Może on być realizowany poprzez wprowadzanie w odpowiednim czasie, o odpowiedniej czasie trwania i ilości przerw. Pozwoli to na wydłużenie efektywnego czasu pracy przy zachowaniu optymalnego nakładu fizjologicznego człowieka.

Zasady stosowania przerw.

1. Suma wszystkich przerw powinna być równa lub nieco mniejsza od 15% całego czasu pracy (t_p), a w przypadku prac ciężkich < 20-30% t_p .
2. W zależności od ilości wprowadzonych przerw, miejsce ich umieszczenia w czasie pracy nie jest bez znaczenia, zaleca się w przypadku występowania:
 - a. tylko 1 przerwy - umieścić ją pomiędzy 1/3 a 1/2 t_p ,
 - b. 2 przerw - umieścić je tak, by dzieliły t_p na 3 części, a czas trwania drugiej powinien być dłuższy niż pierwszej.
3. W przypadku ciężkich prac fizycznych ilość ich powinna być większa.

4. Należy dążyć do stosowania przerw częstych chociaż krótkich, gdyż efekt wypoczynku jest największy w początkowej fazie jego trwania (zależność logarytmiczna).

Zasady prawidłowej organizacji pracy.

1. Okres przerwy pomiędzy zmianami roboczymi powinien wynosić przynajmniej 16 godz.
2. Zastosowanie rytmizacji pracy pozwoli na zapewnienie mniejszego zużycia energii własnej pracownika, a co za tym idzie - spadek zmęczenia i wzrost efektywności pracy.
3. Możliwość wykluczenia użycia wzroku przez pracownika spowoduje spadek wysiłku psychicznego oraz szybsze wykonywanie ruchów.

ETAPY PROCESU PRACY

W każdym procesie pracy można wyodrębnić charakterystyczne 3 etapy:

1. percepcję napływających do człowieka informacji,
2. gromadzenie, przechowywanie i przetwarzanie informacji w ośrodkowym systemie nerwowym człowieka oraz wydobywanie z nich użytkowych danych,
3. podejmowanie decyzji i ich wykonywanie.

O procesach zbierania informacji będzie mowa w rozdziale poświęconym systemowi informacyjnemu człowieka ([rozdział 12](#)).

Zjawiskom **przetwarzania informacji** towarzyszą procesy: gromadzenia ich, przechowywania w pamięci oraz procesy twórcze. Wyodrębnia się pięć **podstawowych funkcji przetwarzania informacji** przez człowieka:

1. **Czyste postrzeganie.** Informacja z otoczenia ulokowana jest w obszarze czuciowym i kończy się w świadomości. Informacje przetwarzane są raczej w całości.
2. **Czyste działanie.** Informacja pochodzi ze świadomości (przechowywana) i powoduje wykonywanie przez efekторы (elementy wykonawcze człowieka) pewnych czynności w otoczeniu.
3. **Reakcja świadoma.** Informacja z otoczenia przechodzi do świadomości przez narządy czuciowe. Miesza się tam z motywacjami i wywołuje działanie w otoczeniu w postaci odruchów warunkowych efektorów (mięśni).
4. **Reakcja nieświadoma.** Informacja pochodząca z otoczenia nie wnika do świadomości lecz powoduje działania w otoczeniu przez odruchy bezwarunkowe (np. łaknienie, ochronne napięcie mięśni śródusznich na skutek hałasu).
5. **Refleksja.** Informacja nie zaczyna się i nie kończy w otoczeniu. Pętla obiegu informacji zamyka się w obszarach: czuciowym, świadomości, motorycznym i nieświadomości.

Ośrodkowy system nerwowy człowieka może pełnić również funkcje zwane wyższymi. Są to: abstrakcyjne myślenie (heurystyka), formowanie pojęć, emocje, świadomość, myślenie, pamięć, kojarzenia oraz podejmowanie decyzji.

Świadomość jest problemem nadal trudnym do określenia: czym jest, na czym polega, jaka jest jej natura, jaka relacja do zjawisk biologicznych i gdzie jest zlokalizowana.

Świadoma reakcja angażuje korę mózgową i jest powolna. Człowiek zaopatrzonej jest w tzw. **odruch bezwarunkowy**, który zachodzi szybciej niż pojawia się świadomość zagrożenia. Odruch ten polega na:

- zarejestrowaniu przez receptory pewnego specyficznego sygnału nazywanego bodźcem bezwarunkowym,
- dotarciu bodźca bezwarunkowego do komórki nerwowej,
- pobudzeniu komórki nerwowej do sterowania reakcją efektora (do pobudzenia wystarczy jedna synapsa - tzw. odruchy mono synaptyczne).

Odruch może być formowany bardzo szybko, występuje bowiem mechanizm uczenia się odruchu warunkowego poprzez kształtowanie reakcji, zapamiętywanie doświadczeń.

Pamięć człowieka nie jest jeszcze zlokalizowana. Ma charakter rozproszonego śladu. Ubytek jakiegokolwiek części komórki nerwowej powoduje spadek sprawności pamięci jako całości, a nie wybiórczo. Istnieje wiele hipotez: jedną z nich jest hipoteza hologramu - z każdego kawałka hologramu można odczytać obraz całego przedmiotu, zarejestrowanego na hologramie. Stopień dokładności odtwarzania zależy od tego jak duży fragment hologramu jest użyty. Drugą hipotezą jest chemiczna natura pamięci. Pamięć ma następujące własności: przechowywanie, utrwalanie i odtwarzanie napływających informacji. Charakteryzowana jest przez:

- łatwość zapamiętywania (zabarwienie emocjonalne, zdolności osobiste, wyrobione),
- pojemność,
- trwałość (zapamiętywanie mechaniczne i świadome),
- wierność odtwarzania,
- asocjacja, czyli kojarzenie i integracje różnych informacji (występują trzy typy asocjacji: zbieżne, podobne i sprzeczne; każdy człowiek posiada różne nasilenie i częstość asocjacji).

Rozróżnia się następujące rodzaje pamięci:

- **antycypacyjną** - wyprzedzenie biegu zdarzeń (wyobraźnia),
- **świeżą** (operacyjną) - informacji nie trzeba poszukiwać, czy odtwarzać, są one dostępne bezpośrednio. Jest krótkotrwała ze względu na mechanizm przetwarzania jej śladów. Jeżeli trwa sekundy, nosi nazwę błyskawicznej. Pojemność jej jest znacznie ograniczona.
- **trwałą**, czyli główny magazyn wiedzy człowieka. Informacje nie są bezpośrednio dostępne, ślady pamięci zapisane są na całe życie. Należy je aktualizować i odtwarzać. Pojemność jej jest nieograniczona.

Istnieje dynamiczna koncepcja pamięci - tzn., że występuje trwałość śladów pamięciowych, które nawet po utracie przytomności, a nawet hibernacji zachowują aktualność. **Zapominanie** jest uzasadnione biologicznie, w przeciwnym razie występowałby brak rozróżniania teraźniejszości i przeszłości.

Podczas przetwarzania informacji i podejmowania decyzji, człowiek wyobraża sobie cele, zadania oraz sposoby realizacji, rozpoznaje problemy. Wykonuje zatem procesy myślowe, czyli transformacje informacji pomiędzy zadziałaniem bodźca a reakcją na niego. Rozróżnia się **myślenie** typu:

- **odtwórczego** - jeżeli występują reakcje, które już kiedyś miały miejsce,
- **twórczego** - jeżeli reakcja występuje po raz pierwszy.

Poszukiwanie i tworzenie informacji wchodzi w zakres *zachowania poznawczego*. Wydobywanie pojęć z magazynu wewnętrznego człowieka i przetwarzania ich w nowe treści tworzy *zachowanie symboliczne*. Zachowanie poznawcze uzależnione jest od wątpliwości, rozterki, sprzeczności, niezgodności dezorientacji, warunków psychicznych człowieka.

Możliwe sposoby działania, jakimi dysponuje człowiek są realizowane w **procesie decyzyjnym**. Proces powstawania decyzji jest procesem silnie uwarunkowanym. Dużą rolę odgrywa w nim potencjał bodźca informacyjnego:

- może rosnąć w obiegu korelacyjnym i refleksyjnym powodując wzrost trafności decyzji,
- jeżeli jest zbyt słaby, może wygasnąć i nie spowodować podjęcia jakiegokolwiek decyzji,
- jeżeli jest zbyt silny - powoduje szybką decyzję z reakcją w charakterze odruchu.

Konsekwencją podjętej decyzji jest jej rezultat - zadziałanie. Może być:

- jednoetapowe: decyzja - wynik,
- wieloetapowe: decyzja - wynik - decyzja - wynik.

Decyzja jest procesem bardzo skomplikowanym. Głównym jej czynnikiem są procesy intelektualne. Zadaniem decyzji jest: analizowanie, selekcjonowanie i syntetyzowanie. Podejmowanie decyzji jest konieczne wówczas, gdy nie ma jednoznacznego przyporządkowania między sygnałem a reakcją. Można wyróżnić cztery takie sytuacje:

1. **sytuacja wyboru** - gdy istnieje możliwość pojawienia się więcej niż 1 sygnału lub więcej niż 1 reakcji. T_R jest dłuższy niż przy reakcjach prostych. Występuje tu selekcja i klasyfikacja sygnałów oraz zasada przewidywania kiedy proces rozpoznania ulega skróceniu, a reakcje stopniowo się automatyzują. Może pojawiać się reakcja ciągle taka sama, mimo zmiany sygnału. Nazywane to jest tendencją perseweracyjną.
2. **sytuacje złożone** - należy uwzględnić równocześnie więcej niż 1 źródło informacyjne lub wykonać więcej niż 1 reakcję. W przypadku podejmowania decyzji człowiek stanowi układ jednokanałowy. Mogą występować czynności przebiegające automatycznie (wprawa, śledzenie).
3. **preferencja** - sygnały, które człowiek oczekuje, odbiera szybciej.

4. **sytuacje probabilistyczne** - czynności wykonywane przy obniżonym poziomie informacyjnym - informacji niepełnych, niepewnych, mniej lub bardziej prawdopodobnych. Decyzje mają wówczas jedynie wartość przybliżoną. Istnieje możliwość błędu. Dużą rolę odgrywa obiektywizm i subiektywizm.

OBCIĄŻENIE CZŁOWIEKA PRACĄ

Obciążenie człowieka pracą zawiera dwa odmienne ilościowo i jakościowo komponenty:

1. wynikający jedynie z obciążenia go samymi czynnościami roboczymi,
2. zależny od warunków środowiska, w którym proces pracy ma miejsce oraz od charakteru reakcji ustroju pracownika na nie.

Ze względu na systemy biorące udział w wykonywaniu jakichś czynności, przyjęto w ergonomii stosować następujące określenia:

- **pracą fizyczną** określa się sytuację, kiedy występuje przewaga udziału organu wykonawczego - mięśni (efektorów),
- **pracą umysłową** - kiedy w przeważającym stopniu zaangażowany jest system nerwowy człowieka.

Ze względu na procesy zachodzące w efektorach, pracę fizyczną różnicuje się na:

- **statyczną**, gdy występuje jedynie napięcie mięśni bez ich ruchu,
- **dynamiczną**, kiedy mięśnie wykonują ruch (kurczenie i rozciąganie).

Przy jednakowym WE bardziej staje się uciążliwa praca *statyczna* niż *dynamiczna*. Mięśnie biorące udział w procesie pracy nie wykonują wtedy ruchów lecz ulegają napięciu. Następuje wówczas zwężenie naczyń krwionośnych, w wyniku czego przepływa przez nie mniejsza ilość krwi. To z kolei wpływa na zmniejszenie przemiany materii na skutek mniejszej ilości doprowadzonego do komórek O₂ i równocześnie, wolniejsze odprowadzanie z nich szkodliwych produktów przemiany materii.

Przebieg zmęczenia dla pracy statycznej i dynamicznej jest różny. Podczas pracy statycznej zmęczenie dużo szybciej osiąga stopień końcowy. Pojawia się już przy napięciu mięśni równym 5% siły maksymalnej, a swą wartość maksymalną osiąga przy napięciu jej 1/3 siły maksymalnej.

W organizmie człowieka dynamiczny wysiłek fizyczny może:

- wywoływać hamowanie wydzielania soków trawiennych (w przypadku ciężkich i długotrwałych wysiłków),
- zmniejszyć objętość wody ustrojowej (utrata wraz z potem),
- zmniejszyć objętość krwi bieżącej, zwiększając zarazem jej prędkość przepływu,
- zwiększyć stężenie potasu i nor adrenaliny we krwi,
- zwiększyć aktywność układu współczulnego i rdzenia nadnerczy,
- pojawić się tzw. białkomocz wysiłkowy (pół godz. po zakończeniu wysiłku).

Obciążenie człowieka pracą może mieć charakter fizyczny lub psychiczny. Efektem obciążenia człowieka pracą może być zarówno **uciążliwość** jak i **szkodliwość**.

W celu zmniejszenia uciążliwości pracy dokonuje się oceny obciążenia nią pracownika. Ocena taka powinna obejmować **kompleksowe** badania:

1. wielkości wydatku energetycznego (**WE**), charakterystyczne dla prac fizycznych,
2. udziału **wysiłku** o charakterze **statycznym**,
3. **stopnia monotypowości** ruchów.

Określenie wydatku energetycznego (WE)

Człowiek energię czerpie z procesów chemicznych zachodzących we wnętrzu organizmu w wyniku spalania dostarczanych doń produktów żywnościowych i tlenu. Wytwarzana energia w komórkach mięśniowych tylko w 20-25% jest energią mechaniczną (i to w przypadku obciążeń ekstremalnych), pozostała część jest energią cieplną.

Podczas wysiłku energia uzyskiwana jest w fazie:

- początkowej - z glikogenu mięśniowego, głównie z metabolizmu:
 - węglowodanów: glikogen mięśniowy, glukoza z osocza, glikogen z wątroby, glukoza syntetyzowana na bieżąco w wątrobie z kwasu mlekowego i inne.
 - wolnych kwasów tłuszczowych (tkanka tłuszczowa)
- dalszej:
 - glukoza z krwi,
 - kwas mlekowy wytworzony w kurczących się mięśniach jako substrakt może być zużywany przez mięśnie szkieletowe, mięsień serca i do syntezy glukozy w wątrobie,
 - bardzo dalekiej, przy długotrwałych wysiłkach, występuje tzw. dług tlenowy, organizm pozostaje pod kontrolą hormonalną.

W zależności od płci różnie jest czerpana energia:

- u mężczyzn, którzy preferują wysiłki krótkie o dużej intensywności - z glikogenu mięśniowego, a potem z wątroby,
- u kobiet, które preferują wysiłki długotrwałe ale o mniejszej intensywności, występuje duży udział wolnych kwasów tłuszczowych i glukozy z krwi.

Wysiłek o dużej intensywności mobilizuje zasoby energii tkanki tłuszczowej w mniejszym stopniu niż zwykle wysiłek łagodniejszy ze względu na:

- zwiększenie stężenia kwasu mlekowego we krwi,
- zmniejszone uwalnianie wolnych kwasów tłuszczowych i trój-glicerydów na tkanki tłuszczowej.

Podczas wysiłku pracuje zwykle tylko część masy mięśniowej, zatem zasoby energetyczne węglowodanów są skąpe. Zawsze skurcz pojedynczego włókna mięśniowego jest maksymalny w chwili obecnej. Włókno kurczy się jednak różnie w zależności od treningu.

Podczas pracy mięśniowej wzrasta liczba otwartych naczyń włosowatych w mięśniach (w stanie spoczynku są zasklepione).

Zwiększenie oddawania tlenu w mięśniach występuje w wyniku:

- zwiększenia tonusu (napięcia) mięśni oraz stężenia jonów wodorowych pH, które powodują odszczepienie O_2 od hemoglobiny,
- zmniejszonego przepływu krwi przez nieczynne mięśnie,
- zwiększonego przepływu krwi przez skórę, po dłuższym, intensywnym wysiłku.

Miarą wysiłku fizycznego są wskaźniki fizjologiczne, gdyż WE jest do nich proporcjonalny. Są to: ilość zużywanego tlenu (O_2), częstość skurczu serca, ciśnienie krwi, temperatura ciała i skóry. Można zatem oprzeć się na wentylacji minutowej płuc: ilości wdychanego powietrza (zużycie w trakcie pracy i maksymalne zapotrzebowanie organizmu na O_2), ilości wydalanego dwutlenku węgla (CO_2). Badania WE wykonuje się jedynie dla wysiłku fizycznego typu dynamicznego. W tym celu można stosować jedną z trzech poniższych metod:

- **tabelaryczno-chronometrażową** można stosować dla każdych warunków pracy, gdyż nie pociąga ona za sobą konieczności użycia jakiegokolwiek aparatury, nie ma zatem wpływu na przebieg czynności wykonywanych przez pracownika. Jest jednak mało dokładna, zależy w dużym stopniu od subiektywizmu pracownika, nie uwzględnia jego podstawowej przemiany materii (PPM).
- **gazometryczną** należy stosować dla prac mało ruchliwych o stałym, niezbyt dużym wysiłku, gdyż pracownik obciążony jest ciężarem aparatury.
- **telemetryczną** powinno się stosować przy pracach ruchliwych, niecyklicznych.

Metoda tabelaryczno-chronometrażowa polega na:

- wyodrębnieniu czynności elementarnych,
- posegregowaniu ich wg określeń zawartych w tabelach (opracowanych przez fizjologów), w których określono wartości jednostkowego WE, właściwe dla czynności składowych całego procesu ruchowego,
- przeprowadzeniu dokładnego chronometrażu czasu czynności wykonywanych przez pracownika,
- wyliczeniu łącznej wartości WE przypadającej na zmianę roboczą,
- skonfrontowaniu wyniku z wartościami przypisanymi dla danej kategorii *stopnia ciężkości* pracy oraz dokonanie *zakwalifikowania badanego typu obciążenia*.

Metoda gazometryczna oparta jest na pomiarach wskaźników wymiany gazowej jaka zachodzi w procesie pracy między człowiekiem a otoczeniem. Przy jej pomocy określa się ilość O_2 lub CO_2 , względnie pobieranego, czy wydalanego powietrza. Przy pomocy tej metody można określić wartość:

- tlenu pobieranego dla wykonywania konkretnych czynności,
- maksymalnego poboru tlenu dla danego osobnika w dniu pomiaru.

Ilość O_2 , jaką człowiek jest zdolny przyjąć zależy m.in. od: jego stanu fizycznego, stopnia wytrenowania i przystosowania do dalszej pracy. Uzyskane wyniki badań konfrontuje się z wartościami przyjętymi dla danego *stopnia ciężkości* pracy. Występuje

także możliwość dokonania oceny *wydolności* organizmu. Badania gazometryczne można wykonywać sposobem pośrednim i bezpośrednim, stosując specjalistyczną aparaturę, którą pracownik winien nosić w trakcie wykonywania czynności roboczych.

Metoda telemetryczna oparta jest na proporcjonalności skurczów serca do WE. Możliwość zapisywania ich na taśmie EKG, czy magnetofonowej zwiększa jej wierność interpretacji. Na podstawie wartości częstotliwości skurczów serca oblicza się WE, w czym pomocne są odpowiednie tablice. Dla prac przekraczających fizyczne możliwości człowieka należy dodatkowo wykonywać pomiar *czasu restytucji* t_r , czyli czasu powrotu parametrów fizjologicznych do stanu wyjściowego. Na podstawie tej metody można również określić stopień uciążliwości i ciężkości pracy, odnosząc wyniki do wartości granicznych ([66], tabela 6.1.).

Na podstawie uzyskanych wartości z każdej z ww. metod można określić:

- wydolność organizmu,
- stopień wytrenowania
- stopień ciężkości pracy.

Ogólna **wydolność fizyczna** jest to zdolność organizmu do ciężkiej i długotrwałej pracy bez głębszych zmian w środowisku wewnętrznym (homeostazy). Miarą jej jest *maksymalne pochłanianie tlenu* przez ustrój tzw. pułap tlenowy. Czynnikiami decydującymi o wydolności fizycznej człowieka są:

- energetyka wysiłku (metabolizm tlenowy i beztlenowy),
- koordynacja nerwowo-mięśniowa różnych grup mięśniowych,
- termoregulacja ustroju,
- czynniki psychologiczne (motywacja, subiektywna tolerancja zmian wywołanych zmęczeniem), charakterologiczne i zdrowotne.

Wydolność fizyczna kobiet jest mniejsza o 30% od wydolności fizycznej mężczyzn o siedzącym trybie pracy.

Miarą wydolności fizycznej organizmu jest maksymalna ilość pobieranego tlenu V_{O_2max} .

Wraz z treningiem:

- zwiększa się:
- unaczynienie mięśni,
- zawartość mioglobiny (mięśniowy magazyn tlenu oraz zwiększenie jego transportowej możliwości) w komórkach mięśniowych,
- wzrasta:
- pojemność życiowa płuc (maksymalny wydech po maksymalnym wdechu),
- mechaniczna wytrzymałość tkanki kostnej,
- następuje:
- zmiana neuro hormonalnej kontroli wysiłkowej przemiany materii WPM
- mobilizacja poza mięśniowych substratów energetycznych podczas długotrwałego wysiłku fizycznego o umiarkowanej intensywności.

W zależności od wydolności ulegają zmianie wartości parametrów fizjologicznych. Dynamika tych zmian kształtuje się następująco:

- zużycie tlenu: 300 - 2500 ml,
- zawartość O_2 w 1 l krwi: 150 -300 ml,
- ilość pobieranego tlenu V_{O_2} : 4-5 - 35 l/min,
- częstość serca HR: 70 - 150 skurczy/minutę
- częstość oddechu: 14 - 40 /minutę,
- głębokość oddechu: 8 -100 /minutę,
- ciśnienie skurczowe krwi: 120 - 200 mmHg (przy niezmienionym ciśnieniu rozkurczowym).

Stopień wydolności organizmu nie należy mylić z **aklimatyzacją**, która jest adaptacją do warunków otoczenia. Adaptacja fizjologiczna uzewnętrznia się poprzez zmniejszenie:

- zakresu zmian wskaźników obciążenia fizjologicznego organizmu,
- zapotrzebowania na tlen i substrakty energetyczne,
- potrzeby eliminacji metabolitów i nadmiaru ciepła.

Należy pamiętać, że stopień ciężkości tej samej pracy może być dla każdego pracownika inny, ponieważ ocena tego zależy od **stopnia wytrenowania**.

Spadek wydajności łączy się z przekroczeniem maksymalnego wysiłku organizmu, co pociąga za sobą przyspieszenie ruchów poza granicę rytmu bez zapewnienia procesu jego odnowy we wprowadzonych przerwach.

Wysiłkiem maksymalnym określa się ten stan organizmu, kiedy dochodzi do maksymalnego nasilenia funkcji pobierania i dostarczenia do mięśni O_2 .

Wysiłkiem submaksymalnym nazwany jest wysiłek o niższej intensywności niż maksymalny.

Supramaksymalnym - jeżeli ma miejsce wysiłek o intensywności większej niż maksymalny .

Najkorzystniejszym przypadkiem stopnia ciężkości jest praca umiarkowana, gdyż wówczas zaopatrzenie w O_2 jest wystarczające dla mięśni biorących udział w procesie pracy. Organizm osiąga wtedy stan równowagi pomiędzy powstawaniem, a wydalaniem produktów przemiany materii. Występująca tu oszczędność kosztów energii pozwala na znaczne przedłużenie czasu pracy.

OCENA OBCIĄŻENIA STATYCZNEGO

Ocena obciążenia statycznego oparta jest na znajomości takich czynników jak:

- rodzaju przyjętej postawy ciała w trakcie wykonywanych czynności,
- stopnia wymuszenia zajmowanej pozycji i pochylenia ciała,
- możliwości zmiany przyjętej pozycji ciała,

- położenia kończyn i ich czynności ruchowych,
- chronometrażu czasu pracy pracownika.

Do oceny przyjęć należy pozycję ciała o największym obciążeniu statycznym, jeżeli utrzymywana jest w czasie dłuższym od 3 godz./zmianę roboczą.

Ocenę wykonuje się wg 3 stopniowej skali: małe, średnie lub duże, uwzględniając równocześnie wartość WE oraz monotypowość ruchów.

Skutki obciążenia człowieka wysiłkiem statycznym:

- wywołuje szybki rozwój zmęczenia (szybszy niż wysiłek dynamiczny),
- występuje zmniejszony przepływ krwi przez napięte mięśnie, przy towarzyszących reakcjach hemodynamicznych jak: wzrost ciśnienia krwi, i przyspieszenie pracy serca,
- ma miejsce ucisk mechaniczny na naczynia krwionośne,
- złe jest zaopatrzenie komórek w tlen i odprowadzenie z nich szkodliwych substancji pochodzących z przemiany materii (ich lokalne gromadzenie się i ucisk na nerwowe zakończenia bólowe),
- szybki ubytek mięśniowych zapasów,
- lokalne zakłócenie homeostazy.

OCENA MONOTYPOWOŚCI RUCHÓW ROBOCZYCH

W tym celu stosuje się metodę szacunkową. Ponieważ w tego typu pracy biorą udział jedynie niektóre grupy mięśni, występuje więc stan miejscowego zmęczenia, dając efekt uciążliwości pracy. W analizie brane są pod uwagę:

- stopień ograniczenia ruchowego,
- liczba powtórzeń,
- wielkość rozwijanych sił przez mięśnie będące w trakcie pracy.

Ocenę tę przedstawia się również w 3 stopniowej skali.

Zaleca się **podwyższyć o 1 klasę** stopień ciężkości wykonywanej pracy jeżeli:

- ponad 75% wysiłku przypada na czynności, które wymagają $WE > 5$ kcal/min,
- ponad 50% wysiłku przypada na czynności, które wymagają $WE > 8$ kcal/min,
- temperatura efektywna $TE > 30^{\circ}C$.

OBCIĄŻENIE PSYCHICZNE PRACOWNIKA

Dużą rolę w procesie pracy odgrywa stopień angażowania systemu nerwowego człowieka. Istnieje granica jego możliwości. Na wielkość obciążenia tego systemu (zwanego psychicznym) mają wpływ różne czynniki w zależności w jakim etapie procesu pracy się człowiek znajduje. I tak:

1. dla zjawisk percepcyjnych istotna jest ilość napływających informacji, ich złożoność, zmienność, czy jednoznaczność,
2. gdy nie ma jednoznacznego przyporządkowania między sygnałem a reakcją, wysiłek psychiczny zależy od w a g i podjętych decyzji,
3. w procesach wykonawczych, mimo, że zależą one od wielkości wysiłku fizycznego, to może być też widoczny udział systemu nerwowego w przypadku złożoności wykonywanej czynności i jej stopniu identyfikacji.

Obciążenie psychiczne jest więc sumą wszystkich etapów pracy, a badania jego powinny być prowadzone zwłaszcza, gdy występuje: monotypia (powtarzające się czynności), monotonia (napływ tych samych informacji), czuwanie, konieczność podejmowania częstych i trudnych decyzji lub precyzyjne czynności motoryczne.

W badaniach mogą być stosowane **metody** oparte na wskaźnikach fizjologicznych lub psychologicznych. Badania fizjologiczne dot. tak małych zmian wartości, że sprawiają trudności w powszechnym użyciu, dlatego też raczej stosuje się psychologiczne takie jak:

- liczba wysyłanych informacji w jednostce czasu - analiza ilościowa,
- liczba błędów - analiza jakościowa pracy,
- czas reakcji,
- w tzw. zadaniu dodatkowym, co jest miarą rezerwowej zdolności do pracy.

Ocenę przeprowadza się wg 5 stopniowej skali, uwzględniając wcześniej stopień uciążliwości pracy, analizując jej następujące cechy:

1. niezmiennosc (jednostajność) procesu pracy,
2. niezmiennosc warunków pracy - środowiska,
3. konieczność zachowania stałego napięcia uwagi.
4. stopień skomplikowania wykonywanych operacji.

O stopniu monotonii świadczy ilość występujących cech:

- duża, gdy występują wszystkie 4-ry,
- średnia, gdy występują 3,
- mała, gdy występują 2 lub 1 z nich.

EFEKT FIZJOLOGICZNY OBCIĄŻENIA CZŁOWIEKA PRACĄ

Podczas wysiłku występują zmiany czynnościowe organizmu. O ich obrazie decyduje zarówno intensywność wysiłku, jak i czas jego trwania. Przyjęto stosować dwa określenia tego stanu organizmu. W przypadku zmian dotyczących w przeważającym stopniu:

- układu mięśniowego człowieka, określa się jako **zmęczenie fizyczne**,
- systemu nerwowego - jako **zmęczenie psychiczne**.

Zmęczenie jest to spadek zdolności do pracy, które rozwinęło się podczas pracy i jest jej następstwem. W zależności od przebiegu rozróżnia się następujące postacie zmęczenia:

1. znużenie, które występuje przy nie dużym wysiłku, zwłaszcza w przyp. monotonii, monotypii i przy braku zaangażowania emocjonalnego,
2. podostre, występuje przy krótkotrwałym, o średnim stopniu obciążenia, nie zagraża zdrowiu, szybko ustępuje,
3. ostre, występuje po bardzo intensywnych a krótkich wysiłkach,
4. przewlekłe, jest wynikiem kumulowania się mniejszych zmęczeń, rozciągnięte jest w czasie, trudne do rozpoznania,
5. wyczerpanie - wysiłek przewyższa możliwości człowieka, typowe objawy to: drżenie mięśniowe, nudności, powiększenie wątroby.

Czynniki wpływające na proces zmęczenia:

- rodzaj i intensywność wysiłku,
- rodzaj wykonywanej czynności i czas ich wykonywania,
- ilość i długość przerw oraz moment ich wprowadzenia w czasie pracy,
- czynniki organizacyjne,
- motywacja i stopień zaangażowania pracownika,
- warunki: zdrowotne i adaptacyjne pracownika, jego sposób odżywiania,
- warunki środowiskowe,
- długość i sposób wykorzystanie czasu odpoczynku między poszczególnymi zmianami oraz wypoczynku wakacyjnego.

TABLICA 6.1.

Charakterystyczne objawy występujące w przypadku monotonii i zmęczenia

CECHY I RÓŻNICE

MONOTONII	ZMĘCZENIA
<i>falisty przebieg zdolności do pracy</i>	<i>stopniowe wyczerpywanie zasobów wydolnościowych</i>
<i>spadek napięcia uwagi</i>	<i>wzrost napięcia psychicznego</i>
<i>spadek tonusu mięśni</i>	<i>wzrost tonusu mięśni</i>
<i>spadek ciśnienia skurczowego krwi</i>	<i>wzrost ciśnienia skurczowego krwi</i>
<i>spadek częstotliwości tętna</i>	<i>wzrost częstotliwości tętna</i>
<i>spadek zużycia energii i O₂</i>	<i>wzrost zużycia energii</i>

Zmęczenie fizyczne charakteryzują następujące objawy:

- zmiany w układzie biochemicznym mięśnia,
- wzrost produktów przemiany materii,
- wyczerpanie zapasów energetycznych organizmu (m.in. pojawienie się długu tlenowego),
- pocenie się (odwodnienie organizmu, utrata elektrolitów, co znacznie przyspiesza rozwój zmęczenia),

- pogorszenie koordynacji ruchowo-wzrokowej (spowolnienie ruchów, spadek sił mięśni i dokładności ruchu),
- spadek wydajności (wzrost liczby błędów, czasu reakcji),
- wzrost zagrożenia urazowego czy wypadkowego.

Zmęczenie psychiczne charakteryzują następujące objawy:

- zmniejszenie stopnia koncentracji,
- utrudnione myślenie,
- spowolnienie i osłabienie postrzegania,
- spadek motywacji,
- zaburzenia emocjonalne (apatia lub rozdrażnienie),
- nastawienie systemu nerwowego na odpoczynek (ziewanie, senność),
- spadek wydajności pracy (wzrost: t_R , liczby błędów),
- spadek formy fizycznej, energii organizacyjnej,
- wzrost zachorowań, urazów i wypadków.

PARAMETRY CHARAKTERYZUJĄCE SYLWETKĘ CZŁOWIEKA

1. Antropometria
2. Pozycja ciała przy pracy.
3. Antropometryczne zasady kształtowania obszarów pracy.

Antropometria

Masa ciała, cechy anatomiczne człowieka, jego predyspozycje fizyczne i psychiczne, ze względu na swą stosunkowo małą elastyczność warunkują zagadnienie kształtowania struktury przestrzennej miejsca pracy oraz jego elementów składowych. Informacji na temat budowy, wielkości i proporcji ciała człowieka, dostarcza nauka zwana antropometrią. Wykonywane pomiary antropometryczne opisują sylwetkę:

- wyprostowaną, zajmuje się tym antropometria klasyczna: statyczna i dynamiczna,
- naturalną, jaką przyjmuje człowiek podczas wykonywanej czynności, zajmuje się tym antropometria ergonomiczna.

W antropometrii klasycznej pomiary obejmujące:

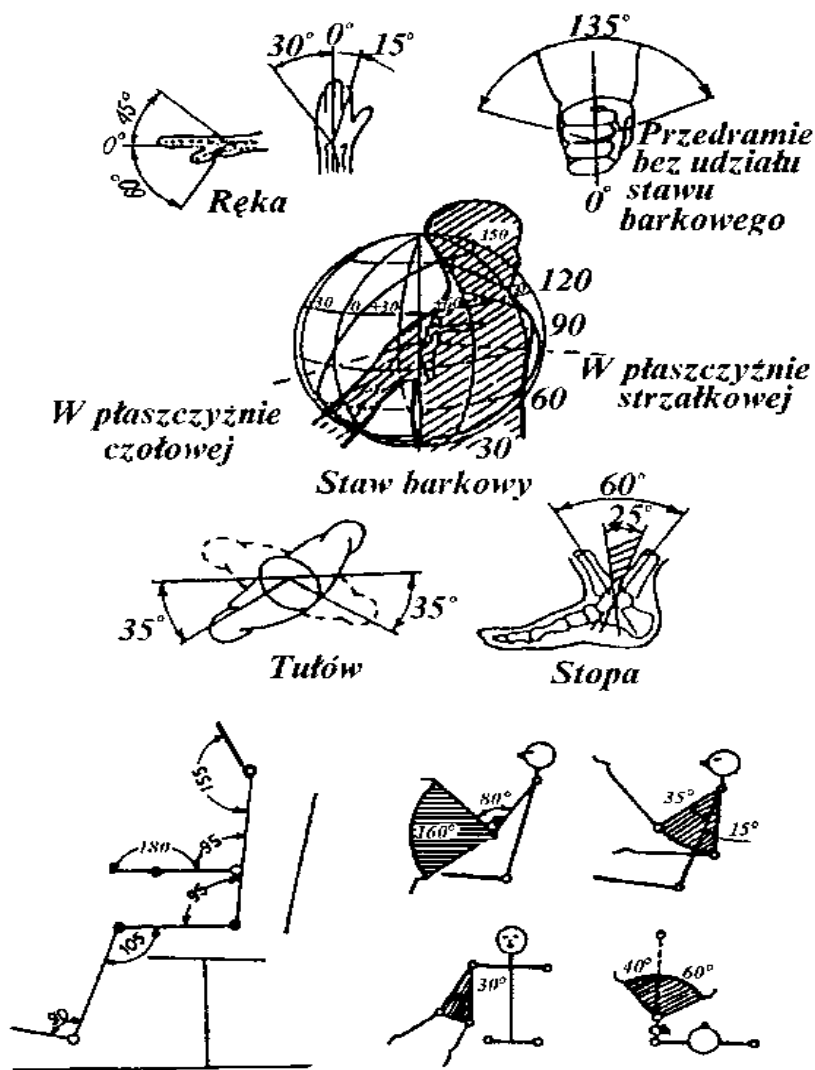
- ciało z wyjątkiem głowy - noszą nazwę sematometrii;
- głowę - kefalometrii;
- kości - osteometrii.

Dla cech o charakterze statycznym (w pozycji nieruchomej, stojącej lub siedzącej) wykonywane są pomiary:

- wysokości, które służą do określenia odległości punktów antropometrycznych od położenia, na którym stoi lub siedzi badany (w pionie);
- długości (poszczególnych części ciała);
- szerokości i głębokości;
- obwodów;
- średnicy chwytu rękojeści;
- współrzędnych sklepienia stopy;
- kątów między palcami ręki;

Pomiary cech dynamicznych ([rys 7.1](#)) obejmują:

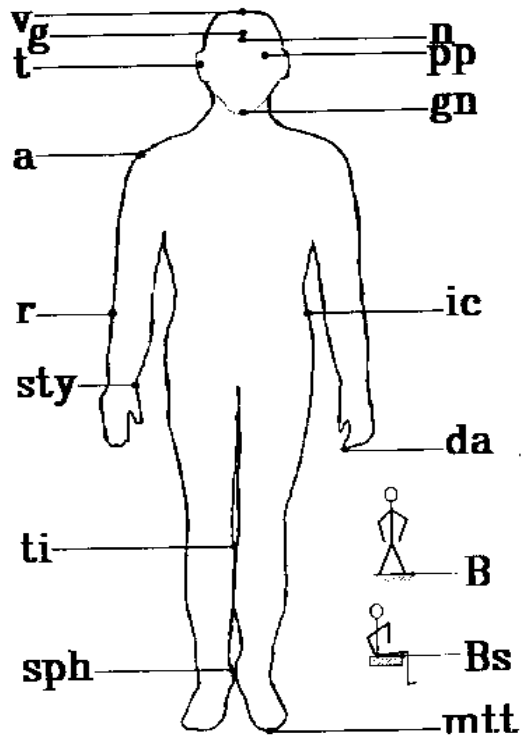
- kąty odchylenia kończyn górnych i dolnych (całych i ich części): w dół, w górę, w lewo i prawo,
- kąty odchylenia i skrętów głowy,
- kąty skrętu kończyn i ich części,
- kąty odchylenia grzbietowego i podeszwowego stopy,
- kąty odchylenia ręki zaciśniętej na uchwycie cylindrycznym.



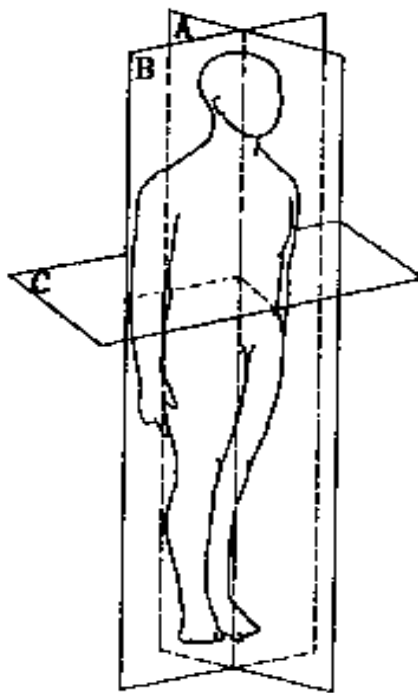
Rys. 7.1. Zakres ruchów możliwych do wykonania przez niektóre części ciała

Cechy dynamiczne dają odpowiedź dotyczącą zasięgu i rozpiętości ruchu. Dla uzyskania jednoznaczności wyników pomiarów, wykonuje się je w ściśle określonych miejscach na powierzchni ciała człowieka. Noszą one nazwę punktów antropometrycznych. Ich rozmieszczenie przedstawia rys 7.2. Pomiary przeprowadzone mogą być w trzech płaszczyznach (rys 7.3):

- A. strzałkowo-środkowej, która dzieli ciało na stronę lewą i prawą;
- B. czołowej, która przebiega wzdłuż osi głowy i dzieli ciało na część brzuszną i grzbietową;
- C. poziomej, która dzieli ciało na część górną i dolną.



Rys.7.2. Rozmieszczenie punktów antropometrycznych na ciele człowieka

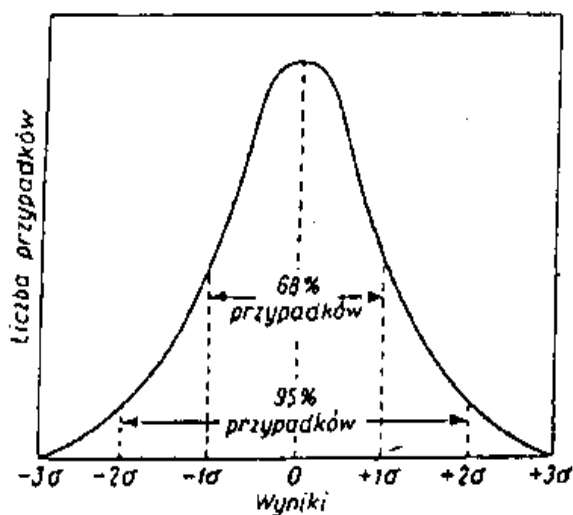


Rys. 7.3. Położenie płaszczyzn pomiarowych w antropometrii

W każdej z tych płaszczyzn wykonuje się szereg pomiarów poszczególnych cech antropometrycznych. Aby wyniki pomiarów mogły być zastosowane dla ogółu, opracowano je w oparciu o metody statystyczne. Populacja ludzka podlega rozkładowi normalnemu (krzywa Gaussa - rys 7.4). W rozważaniach przyjmuje się jedynie 90% tego rozkładu odrzucając po 5% skrajnych wartości. Dla potrzeb ergonomii przyjęto stosować trzy charakterystyczne wielkości: dwie skrajne (kwantyl 5 i 95) oraz medianę.

Wyniki badań zebrano i opublikowano w atlasach antropometrycznych. Zawierają one następujące dane:

- 182 cechy antropometryczne w kolejności porządkowej, z przynależnym dla nich numerem,
- trzy charakterystyczne wielkości z rozkładu normalnego tj. dot. kwantyla 5 i 95 oraz mediany, przy zróżnicowaniu na płeć, z zastosowaniem następujących oznaczeń: 0 - dla mężczyzn, 1 - dla kobiet,
- wartości pomiarów podawane są w mm.



- kwantyl 5 – tylko 5% populacji ma takie lub mniejsze wymiary danej cechy
- kwantyl 95 – 95% populacji ma takie lub mniejsze wymiary danej cechy
- mediana – 50% populacji ma takie lub mniejsze, lub takie albo większe wymiary danej cechy

Rys. 7.4. Rozkład populacji ludzkiej

Unifikacja metod pomiarowych pozwala zarówno na uzyskanie jednorodnych materiałów liczbowych, jednoznacznego interpretowania danych oraz opracowania unifikalnych norm do projektowania: narzędzi, wytworów lub stanowisk pracy. Najczęściej, dane antropometryczne służą do:

- określenia obszarów pracy,
- zasięgów ruchów,
- rozpiętości ruchów,
- doboru ludzi w przypadku techniki makietowania.

Wskazują na związki jakie zachodzą pomiędzy proporcjami: szerokości, długości całego ciała jak i jego poszczególnych elementów. Uwzględniają także wpływ pozycji ciała na wartości cech mierzonych. W procesie projektowania powinna być zachowana następująca kolejność postępowania:

1. należy odpowiedzieć na pytanie dla jakich użytkowników rozważany projekt będzie przeznaczony i na tej podstawie dobrać kwantyl roboczy,
2. na podstawie atlasu antropometrycznego dokonać wyboru najodpowiedniejszej cechy, uwzględniając zarazem dominację wartości ze względu na płeć
3. uwzględnić tendencję wzrostową młodego pokolenia, a zatem ocenić aktualność zastosowanego atlasu antropometrycznego,
4. przyjąć zapas (luz) projektowanego elementu konstrukcyjnego.

Stosowane są następujące oznaczenia:

K - wymiar konstrukcyjny,
L - niezbędny dystans, luz, zapas miejsca,
0 - mężczyźni,
1 - kobiety.

Dla przykładu podano zapis wysokości osi wziernika: $k < [71,0,5] + L$

W procesie projektowania, dostosowanie wymiarów mniej jest skomplikowane, gdy mamy do czynienia tylko z jednym wymiarem. Gorzej, gdy w grę wchodzi różne wymiary, a najtrudniej, gdy dotyczą kilku płaszczyzn (np.: kabina pilota). Przy projektowaniu stanowisk pracy z wykorzystaniem danych antropometrycznych stosuje się następujące metody:

1. **statystyczną** - polegającą na wykonywaniu badań doświadczalnych dopasowania urządzeń do użytkownika z uwzględnieniem wszystkich zainteresowanych w warunkach zbliżonych do rzeczywistych,
2. **manekinów płaskich** (fantomów) - w oparciu o model płaski przedstawiający sylwetkę człowieka w skali 1:1 z zachowaniem dokładnych proporcji poszczególnych części ciała człowieka, z uwzględnieniem płci i wartości progowych lub mediany. Wady: praca jest zjawiskiem dynamicznym, a traktowana jest tu w sposób statyczny, nie ma informacji o subiektywizmie pracownika, brak orientacji o zmęczeniu użytkownika.
3. **graficzna** - wykorzystuje możliwości komputera, podaje wiele wariantów, a przy zastosowaniu odpowiedniego kryterium, pozwala na wybór wersji najbardziej optymalnej,
4. **eksperymentalna** - wykonywane są modele stanowiska w skali 1:5, 1:50 lub rzeczywistym, bada się relacje grup co najmniej 5 osobowych z reprezentacji kwantyli progowych i mediany - wyniki charakteryzują się subiektywizmem.

Należy zaznaczyć, że żadna z przedstawionych metod nie jest rozwiązaniem ostatecznym. Każda z nich powinna być na końcu zweryfikowana w warunkach rzeczywistych przez użytkowników.

Pozycja ciała człowieka przy pracy

Wraz ze zmianą pozycji ciała zmienia się geometria człowieka i jego możliwości dynamiczne. Istnieje wiele pozycji w jakich ciało człowieka musi pozostawać podczas wykonywania czynności zawodowych. Jako zasadnicze przyjmuje się pozycje: stojącą, siedzącą i leżącą. Istnieją też formy pośrednie (klęcząca, kuczna itp.). Podczas wykonywanej pracy, pozycja, jaką przyjmuje pracownik jest wynikiem koordynacji mięśniowo-nerwowej całego organizmu. Musi on ponieść pewien koszt fizjologiczny by utrzymać ciało w określonej pozycji. Najmniejszy koszt występuje dla pozycji leżącej w stanie odpoczynku i wynosi 64,8 kcal /godz. Jak wykazały badania fizjologiczne, każda inna pozycja pociąga za sobą wzrost tego kosztu, ponoszonego jedynie na utrzymanie w niej ciała. I tak:

- w pozycji siedzącej organizm zużywa już o 4,0% energii więcej,
- w pozycji klęczącej organizm zużywa już o 8,5% energii więcej,
- w pozycji stojącej organizm zużywa już o 12,0% energii więcej.

Powyższe dane dotyczą postawy nie wymuszonej. Stan wymuszenia może spowodować wzrost wydatkowania energii do 60%. Pomimo tak małego kosztu fizjologicznego, pozycja leżąca w trakcie wykonywania czynności roboczych nie może być przyjęta za najkorzystniejszą ponieważ:

- stwarza ograniczenie swobody ruchów (zwłaszcza dla kończyn górnych),
- zwiększa udział wysiłku statycznego (rąk, głowy, czy też innych mięśni).

Pozycja siedząca charakteryzuje się:

- dużą stabilizacją tułowia (ograniczenie ruchów pozornych, pozwalających utrzymać ciało w danej pozycji),
- najlepszą koordynacją ruchową kończyn,
- odciążeniem kończyn dolnych, a nieraz i górnych (oparcia przy siedziskach),
- odciążenie układu krwionośnego.

Zalety te oraz stosunkowo najniższy koszt energetyczny kwalifikują pozycję siedzącą jako najergonomiczniejszą. Należy jednak zaznaczyć, że długotrwałe zajmowanie nawet najwygodniejszej pozycji, może być dla pracownika uciążliwe, a nawet powodować wiele dolegliwości. Potęguje to konieczność utrzymania sylwetki w pozycji wymuszonej (nienaturalnej). Dla-tego też zalecana jest zmiana zajmowanej pozycji na inną (choćby chwilowa). Podczas pracy w pozycji siedzącej obciążone są mięśnie: grzbietu, brzucha i ud. Spotykanymi dolegliwościami są zmiany w kręgosłupie szyjnym oraz guzy krwawnicze odbytu.

Podczas pracy w pozycji stojącej obciążone są mięśnie: nóg i grzbietu, w wyniku czego część krwi (20-25%) gromadzi się w kończynach dolnych, co w efekcie zmniejsza dokrewienie całego organizmu, czyli wpływa niekorzystnie na przemianę materii zachodzącą w komórkach ustroju. Prowadzi to też do: obrzęków, zastoju i rozszerzenia żył. Ma wówczas miejsce zniekształcenie stawów kolanowych, trwałe skrzywienie kręgosłupa w odcinku piersiowym. Może to powodować utrudnienie w oddychaniu.

Podczas pozycji leżącej, występuje jednakowa wartość ciśnienia krwi we wszystkich częściach organizmu. Ten korzystny efekt charakterystyczny jest jednak jedynie dla okresu wypoczynku. Wykonanie jakiegokolwiek czynności roboczej stwarza duże niedogodności, przez ograniczenie swobody ruchu (np. praca rękami uniesionymi do góry). Ma wówczas miejsce szybsze męczenie się w wyniku występowania elementów statycznych podejmowanego wysiłku.

Z punktu widzenia fizjologii pracy, każdej z zajmowanych pozycji przez ciało stawia się warunek swobody i naturalności. Za racjonalną przyjmuje się pozycję wymagającą najmniejszego wydatku energetycznego, czyli taką, która w minimalnym stopniu angażuje układ mięśniowy i nerwowy. Jest nią pozycja przemienna z przewagą siedzącej.

Antropometryczne zasady kształtowania obszarów pracy

Obszar pracy, czyli przestrzeń robocza, jest to zbiór punktów, na które pracownik oddziałuje podczas pracy. Istnieje podział obszaru pracy na:

- teoretyczny, który wyznaczany jest zasięgiem rąk pracownika, bez zmiany jego pozycji ciała i miejsca,
- rzeczywisty - wyznacza go zasięg rąk przy ruchu tułowia.

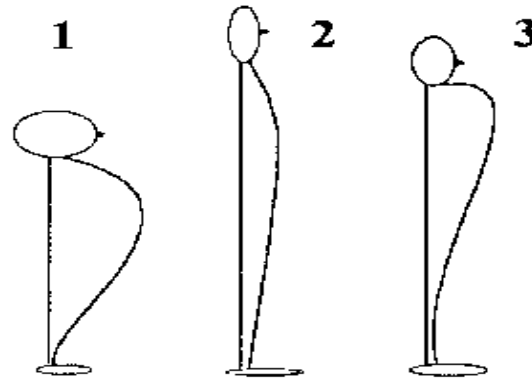
Obszar pracy jest charakteryzowany przez:

- A. wymiary, asymetrię i kształt ciała (proporcje: szerokości, długości ciała i jego elementów, oparte na danych antropometrii statycznej),
- B. strefy pracy dla rąk i nóg (oparte na danych antropometrii dynamicznej),
- C. strefy obserwacji i identyfikacji wzrokowej wynikające z budowy anatomicznej człowieka i jego możliwości psychofizycznych.

Jak już wspomniano w poprzedniej części tego rozdziału, kształt ciała i jego wymiary zależą od: budowy kośćca, masy mięśni i tkanki tłuszczowej, oraz ich rozłożenia, wieku, płci, pokolenia, warunków: geograficznych regionalnych i środowiskowych (sposób odżywiania, charakter pracy, stopień aktywności ruchowej). W oparciu o dokładne pomiary antropometryczne wyodrębniono 4 typy budowy ciała człowieka (*rys 7.5.*):

1. *pykniczny* (krępy), charakteryzujący się: szeroką i krótką głową oraz szyją, prostymi, wysuniętymi do przodu ramionami, beczkowatym, otłuszczonym tułowiem, krótkimi kończynami górnymi i dolnymi, delikatnymi i kształtnymi dłońmi i stopami, małymi, głęboko osadzonymi oczami, skłonnością do łysienia, skórą zaróżowioną,
2. *leptosomiczny* (szczupły) - owalna (tzw. ptasia) głowa o wydłużonej części środkowej twarzy i niedorozwoju jej części dolnej, nos cienki, szyja długa, cienkie, słabo umięśnione kończyny, płaski tułów i klatka piersiowa, duże owłosienie, skóra blada,
3. *atletyczny* - głowa owalna (w kształcie jaja), silnie rozwinięty układ kostnomięśniowy, szyja długa i mocna, ramiona szerokie, klatka piersiowa wypukła, grube kości i skóra,
4. *dysplastyczny*, który obejmuje grupy:
 - eunochoidów: nadmierny wzrost, silnie owłosiona głowa o kształcie wieżowatym, szerokie biodra,

- eunochidów z otłuszczeniem: policzków, szyi i żołądka; o twarzach rozdętych, krótkich nosach,
- infantylnych i niedorozwiniętych, charakteryzujących się proporcjami dziecięcymi, z niedorozwojem tułowia.



Rys. 7.5. Typy budowy ciała człowieka: 1 - pykniczny, 2 - leptosomiczny, 3 - atletyczny

Z typem budowy ciała skorelowana jest działalność gruczołów dokrewnych, układu krwionośnego. Z kolei skład chemiczny krwi warunkuje wykształcenie się określonego typu temperamentu, czyli schematu zachowania się i działania danej jednostki. Każdy temperament składa się z różnej jakości podstawowych cech. Mimo zróżnicowania dyspozycji człowieka, można wyróżnić w nich podstawowe rodzaje:

- wrażliwość zmysłową, którą cechuje: ostrość słuchu, wzroku, smaku, węchu, dotyku, kinestezji, wrażliwość na barwy,
- uzdolnienia motoryczne, czyli siła i zręczność kończyn, siła i szybkość ruchów ciała, duża koordynacja ruchów,
- zdolności psychiczne reprezentowane przez: pamięć, wyobraźnię, myślenie, kojarzenie.

Tempo i rytm procesów psychicznych wyraża się w jakości percepcji, sposobie reakcji, gestykulacji, czy myślenia.

Kretchmer wyróżnia 3 typy temperamentów:

1. cyklotymiczny - warunkowany przez pykniczny typ budowy ciała,
2. schizotymiczny - związany z typem leptosomicznym,
3. wiskozyjny, który łączy się z atletycznym typem budowy ciała.

W starożytności istniał podział na 4 typy temperamentów: sangwinicy, flegmatycy, cholerycy i melancholicy. Niektórzy psychologowie opierają się jeszcze na bardziej rozszerzonym podziale.

W codziennym życiu występują pewne schematy postępowania, które określa się mianem charakterów. Odmiany charakterów są uwarunkowane temperamentem i typem budowy ciała, poza atletycznym, który nie ma wyodrębnionych swoich charakterów. Dokładniejsze informacje na ten temat można znaleźć w literaturze psychologicznej.

Populacja ludzka wykazuje asymetrię ciała morfologiczną, dynamiczną i funkcjonalną. U osób praworęcznych notuje się:

- większe wymiary: lewej strony głowy, prawej ręki, lewej nogi,
- wyższą funkcję i strukturę lewej półkuli mózgu,
- większą częstotliwość i precyzję ruchów w ręce prawej,
- większą siłę w ręce prawej i lewej nodze.

U leworęcznych - zamiennie.

Każda z części składowych ciała ma do spełnienia odpowiednie funkcje ruchowe. Może być traktowana oddzielnie lub grupowo. Na przykład kończyna górna. Tworzą ją takie części jak:

- staw ramienny (wieloosiowy, który działa prawie w każdym kierunku),
- ramię,
- staw łokciowy (zawiasowy),
- przedramię,
- staw promieniowo-nadgarstkowy (złożony),

Ręka składająca się z: nadgarstka, śródreżca, stawów śródreżczo - palcowych (zginanie i prostowanie zachodzi w osiach poprzecznych, odwodzenie i przywodzenie - w prostopadłych do poprzednich), 5 palców (jedną część ręki określa się mianem dłoni, a drugą - grzbietem). Kończyna ta może łącznie wykonywać szereg rodzajów ruchów takich jak: zginanie i prostowanie, odwodzenie i przywodzenie, odwracanie i nawracanie i ich wypadkowa - obwodzenie. Podstawową funkcją ręki jest ruch i chwyt. Może ona również pełnić funkcję kontaktu i porozumiewania się zarówno ze swym wnętrzem jak i z otoczeniem, gdyż celem jej jest eksploracja świata zewnętrznego (receptory dotyku). Dział ergonomii poświęcony zasadom funkcjonowania ręki nosi nazwę hirotechniki. Sprecyzowane są w nim zalecenia optymalizujące użycie tej kończyny np.:

- im większa powierzchnia styku dłoni, tym lepiej rozkładany jest trzymany ciężar,
- praca dłonią nie może być wykonywana, jeżeli rozkład siły jest $> 32 \text{ kg/cm}$,
- kciuk pracuje przeciwstawnie do pozostałych palców (tzw. chwyt dłoniowy, czyli siłowy).

Wykonanie przez człowieka ruchu dokonuje się w obszarze zwanym strefą pracy. Wielkość i kształt strefy zależą od:

- pozycji ciała jaką przyjmuje człowiek w czasie wykonywania pracy,
- części ciała użytej do ruchu: jedna z kończyn (która), obie, palce,
- rodzaju wykonywanego ruchu,
- cechy ruchu: szybkości, precyzji i kierunku,
- rodzaju wykonywanej pracy,
- wartości użytej siły i częstości manipulacji,

- płaszczyzny pracy (,) i jej położenia.

Wyznaczenie strefy oparte jest na zasięgu i rozpiętości całych kończyn i ich części. Rozróżnia się zasięg:

- normalny - zakreślony przez przedramiona przy nieruchomym tułowiu,
- maksymalny - zakreślony przez wyciągniętą rękę i palce przy nieruchomym tułowiu.

Zasięgi mogą być wykreślane dla płaszczyzny i , dla różnych pozycji ciała. Rozpiętości ruchów swobodnych podane są w atlasie antropometrycznym ludności dorosłej.

Wykreślenie zasięgów pozwala na określenie typu strefy pracy:

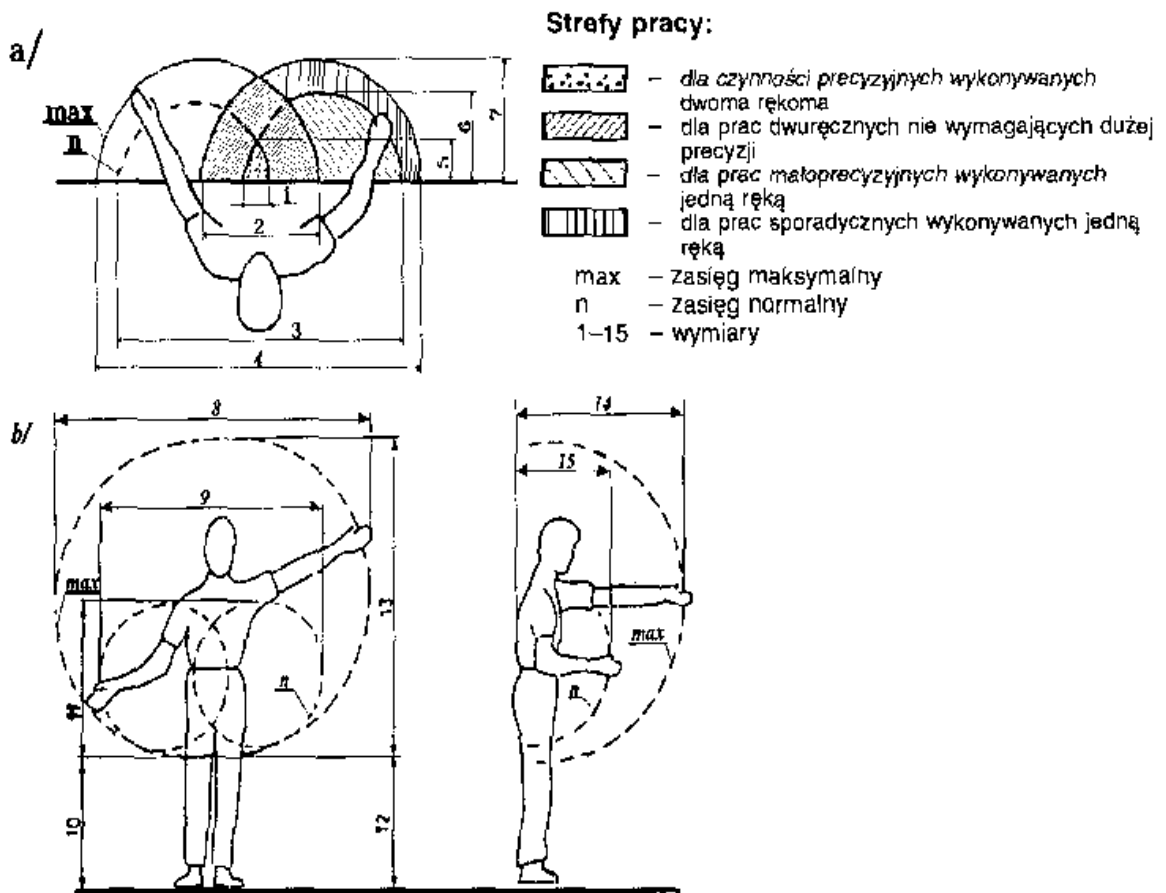
- I. optymalna, która może być wyznaczona z zasięgu normalnego wspólnego dla obu rąk,
- II. dopuszczalna, określona przez zasięg maksymalny, wspólny dla obu rąk,
- III. dopuszczalna dla prac wykonywanych przez każdą rękę z osobna,
- IV. możliwa lecz nie zalecana, wyznaczona przez zasięg maksymalny dla każdej ręki oddzielnie.

W każdej z tych stref dopuszczalne jest wykonywanie tylko ściśle określonych czynności. I tak w strefie:

- I. czynności precyzyjne, ruchy podstawowe,
- II. czynności mniej precyzyjne, ruchy podstawowe,
- III. ruchy pomocnicze,
- IV. ruchy pomocnicze o małej częstości występowania.

[Rysunek 7.6.](#) przedstawia ww. strefy.

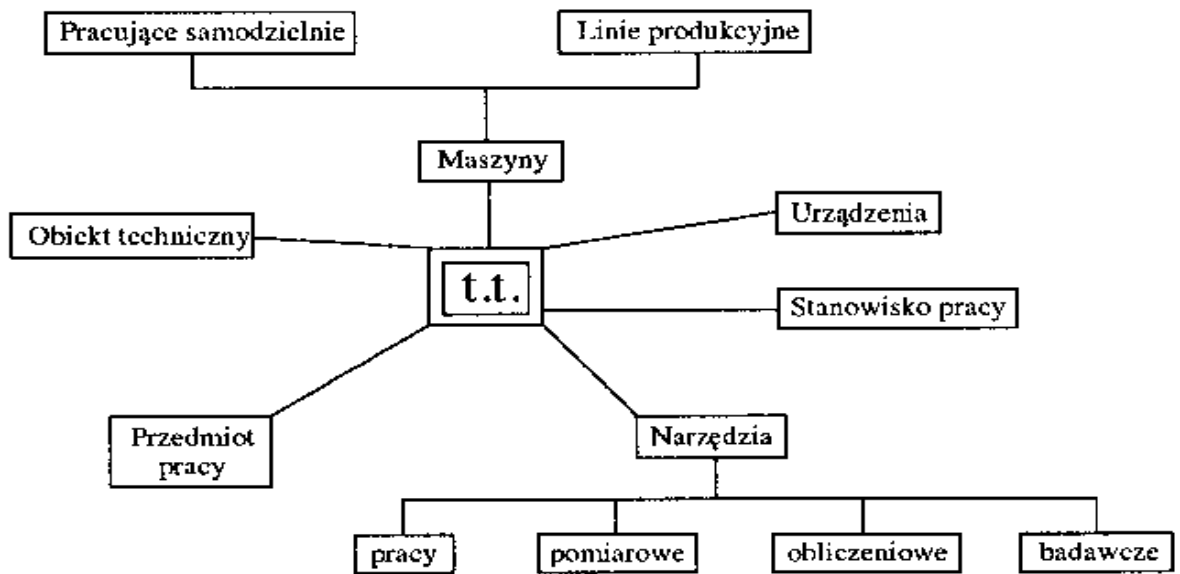
Z wykonywaną czynnością wiąże się wielkość użytej siły. Granice siły pod-czas ruchu zmieniają się w zależności od położenia ciała, kierunków ruchu, zasięgu ruchów oraz innych czynników.



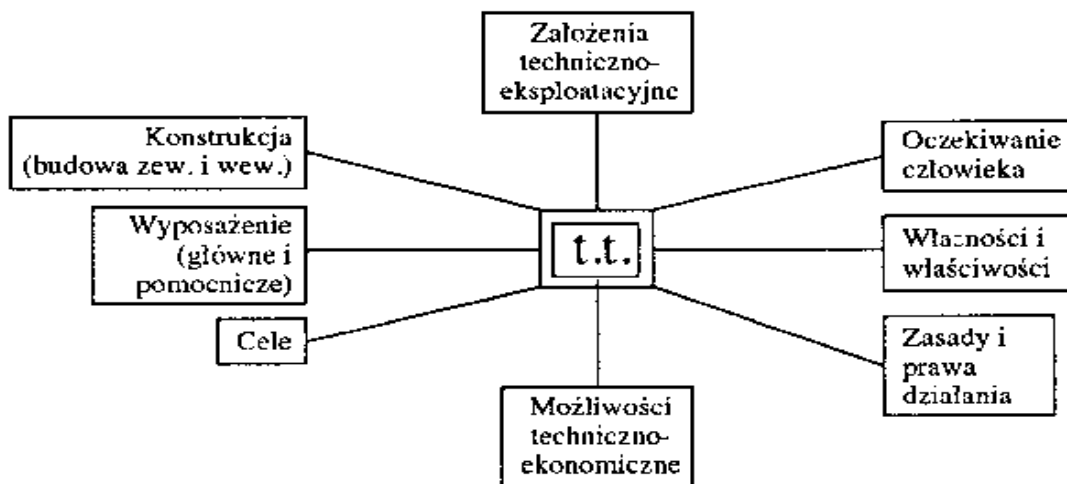
Rys. 7.6. Rodzaje zasięgów kończyn górnych i stref pracy

TWÓR TECHNIKI JAKO ELEMENT UKŁADU ERGONOMICZNEGO

Jak już wspomniano, ergonomia bada relacje zachodzące między elementami składowymi układu ergonomicznego, występującego często pod postacią człowiek - twór techniki *czł. - t.t.* . Należałoby zatem przybliżyć pojęcie tego drugiego składnika. Schematy blokowe przedstawione na [rysunku 8.1.a i b.](#) ukazują niektóre z występujących możliwości.



a)



b)

Rys 8.1. Schemat blokowy odzwierciedlający znaczenie drugiego członu ergonomicznego twórcy techniki w ujęciu a. i b.

PARAMETRY PRZESTRZENNE STANOWISKA PRACY I JEGO ELEMENTÓW SKŁADOWYCH

Układ przestrzenny tworzy techniki powinien być rozpatrywany zarówno w otoczeniu dalszym jak i bliższym. Wykonywana analiza ergonomiczna winna być rozważana w aspekcie:

1. kształtowania granic przestrzeni roboczej,
2. przestronności stanowiska pracy,
3. kształtowania granic przestrzeni manipulacyjnej,
4. kształtów i wymiarów siedzisk,
5. stref wygody i identyfikacji wzrokowej,
6. warunków rozmieszczenia urządzeń informacyjnych i sterujących.

Granice przestrzeni roboczej

Granice przestrzeni roboczej, na której ma odbywać się proces produkcyjny są determinowane przez:

- minimalną powierzchnię jaką zajmować będzie wyposażenie stanowiska,
- łatwość dostarczania materiału,
- długość traktów komunikacyjnych,
- jakość warunków środowiskowych (zwłaszcza oświetlenie),
- warunki bhp.

Do ustalenia potrzebnej powierzchni można bazować na normatywach pomocniczych zgodnie z zarządzeniem Ministra Budownictwa i Przemysłu Budowlanego z dnia 29.06.66 D.B. nr 10 z 10.07.66 poz. 44. Określono tam warunki techniczne dotyczące 3 rodzajów pomieszczeń:

- ze stałym pobytem ludzi (4 grupy, dla których parametry techniczne procesu pracy różnią się),
- z czasowym pobytem ludzi (do 4 godzin /zmianę),
- bez ludzi.

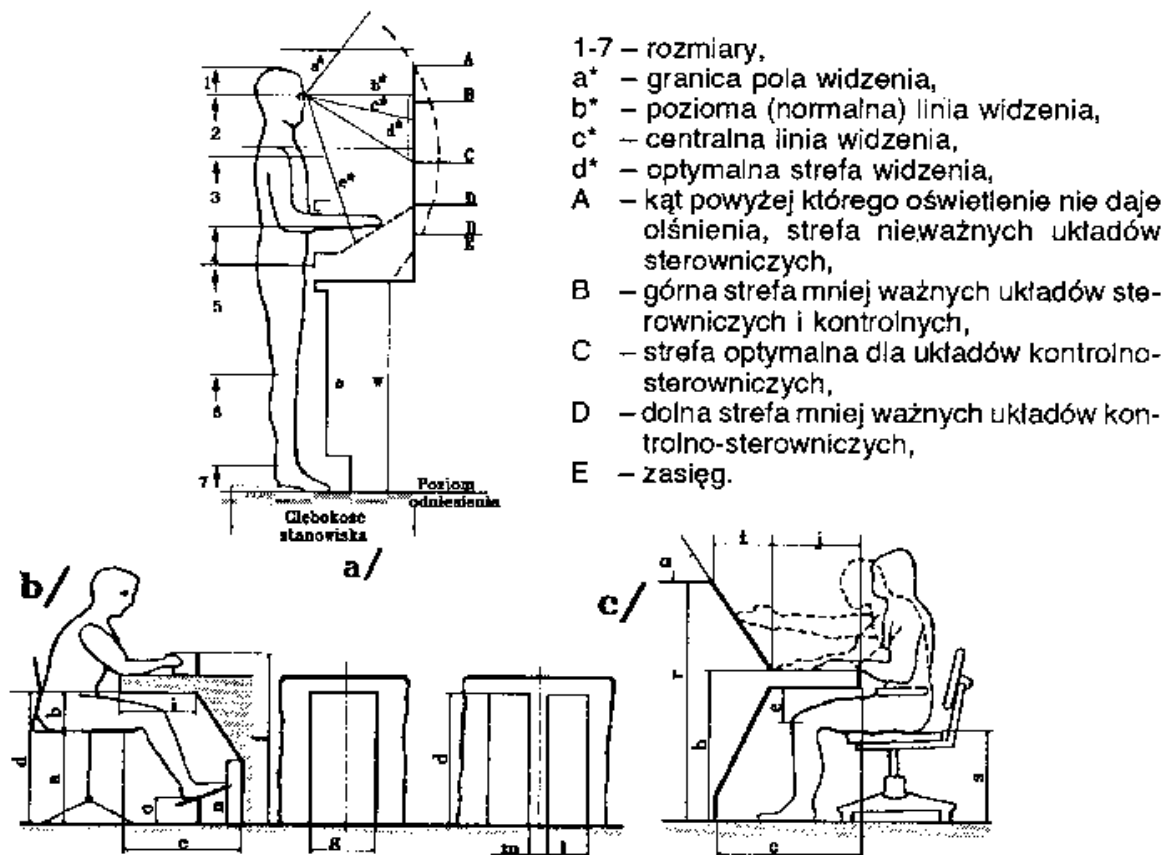
Struktura przestrzenna stanowiska pracy

Struktura przestrzenna stanowisk pracy powinna:

- zapewnić bezpieczną i wygodną pracę dla 90% populacji użytkowników,
- być dostosowana do ich ekstremalnych cech wymiarowych,
- umożliwiać dopasowanie niektórych parametrów przestrzennych stanowiska do indywidualnych potrzeb użytkowników, wprowadzając możliwość regulacji,
- uniemożliwiać powstawanie zagrożeń wypadkowych i szkodliwych dla zdrowia

- zapewniać swobodę ruchów,- zapewnić minimalny koszt biologiczny podczas wysiłku pracownika,
- zapewniać dobre warunki widoczności procesu pracy i otoczenia.

Punktem wyjścia przy projektowaniu struktury przestrzennej stanowiska pracy jak i jego elementów składowych są wymiary antropometryczne użytkowników oraz ich granice zasięgów ruchu. Główne wielkości, które winny być zwymiarowane przedstawiono na [rysunku 9.1](#). Wymiary stanowiska są uzależnione od pozycji ciała jaką człowiek zajmuje w procesie pracy. Podstawowe wymiary stanowiska podawane są w odpowiednich nomogramach lub tablicach opracowanych przez projektantów. Strukturę przestrzenną stanowiska pracy można wyznaczyć przy użyciu metod opisanych w części poświęconej antropometrii.



Rys. 9.1. Główne wielkości pomiarowe uwzględniane w analizie struktury przestrzennej stanowiska pracy w zależności od:

- pozycji ciała: a) stojącej, b) siedzącej,
- ustawienia płaszczyzny pracy lub obserwacji: a) pionowej, b) poziomej, c) pod pewnym kątem.

Granice przestrzeni manipulacyjnej

Podstawową miarą właściwego położenia strefy pracy w stosunku do operatora jest tzw. wysokość manipulacyjna (H_{manip}). Określa ona wysokość od oparcia stóp do płaszczyzny poziomej przechodzącej przez miejsce optymalnego przyłożenia rąk w czasie pracy. H_{manip} określa się w zależności od przyjętej pozycji ciała w trakcie pracy i wymagań dotyczących samych czynności (cechy ruchu). Dla pracy wymagającej dużej swobody ruchu, wykonywanej w pozycji stojącej, wysokością optymalną jest położenie ręki przy zgiętym przedramieniu, 5 cm poniżej łokcia. Dla prac, gdy występuje identyfikacja szczegółów w sposób okresowo-ciągły:

$H_{\text{manip}} = 0.75 H_p$ dla pozycji stojącej (H_p - wysokość pleców),

$H_{\text{manip}} = 0.80 H_p$ dla pozycji siedzącej.

Ogólne zalecenia doboru H_{manip} w zależności od przyjętej pozycji ciała pracownika są następujące:

- dla pozycji stojącej - płaszczyzna pracy powinna znajdować się 7,5 cm poniżej łokcia,
- dla pozycji siedzącej, wykonanie prac lekkich i średnio ciężkich powinno być możliwe rękami zgiętymi w łokciu pod kątem 90 lub lekko rozwartymi,
- dla pozycji przemiennej (siedząco-stojącej) H_{manip} powinna być taka jak dla pozycji stojącej.

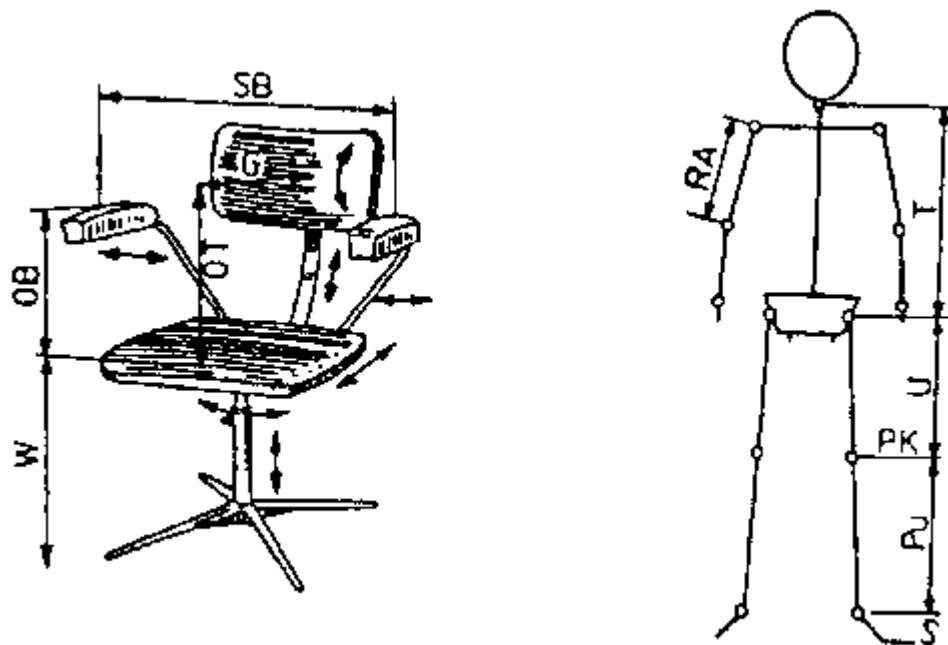
Kolejność postępowania przy ustaleniu wysokości manipulacyjnej (H_{manip}):

1. ustalenie typu pracy i ciężkości wykonywanych czynności,
2. ustalenie pozycji ciała przyjętej przez pracownika w trakcie pracy,
3. określenie rodzaju wykonywanych ruchów,
4. ustalenie stopnia ograniczenia ruchowego dla przyjętych ruchów,
5. ustalenie zakresu nastawności siedziska i podnóżka,
6. określenie strefy wygody związane z danym typem pracy.
7. ustalenie H_{manip} dla odpowiedniej wartości rozkładu normalnego danych antropometrycznych (progowego lub mediany).

Kształt i wymiary siedzisk

Dla pozycji siedzących dobór siedziska można wykonać w oparciu o charakterystyczne wymiary przedstawione na [rysunku 9.2](#). Przyjmując wprowadzone na nim oznaczenia, ogólne zasady konstrukcji siedzisk są następujące:

- $W \gg P$ 5 cm,
- $G_{\text{min}} = 2/3 U$ (warunek ważny ze względu na utrzymanie równowagi ciała, zapewnia swobodę ruchu nóg, zmniejsza ucisk ud,
- $OT = 1/3 T$ (nie powinno być poniżej lędźwi),
- $OB = T - RA$ (zależne jest od obwodu ciała i długości ramienia),
- $SB = 1,5 M$ - szerokość miednicy.



Rys. 9.2. Oznaczenia wymiarów człowieka i siedzisk przyjęte dla potrzeb projektowania

Parametry konstrukcyjne siedzisk powinny wynikać z właściwości fizjologicznych człowieka i jego cech anatomicznych. Zadaniem ich jest zapewnienie:

- warunków stabilizacji tułowia, kończyn i głowy użytkownika,
- stabilności i trwałości samego siedziska,
- możliwości jego regulacji i łatwej obsługi.

Uzyskać to można stosując:

- profilowanie i pochylanie płyty siedziska,
- kształtowanie części bocznych i oparcie pod plecy,
- podpórki pod stopy, łokcie, głowę.

Strefy wygody i identyfikacji wzrokowej

Czynności robocze mogą być wykonywane:

- bez użycia wzroku tzw. ruchy ślepe,
- z użyciem wzroku, określane tj. mianem koordynacji wzrokowo - ruchowej.

Strefy wygody i identyfikacji wzrokowej zależą od:

- pozycji ciała przy pracy,
- odległości obrazu od oczu,
- charakteru wykonywanej pracy,
- rodzaju odbieranej przez zmysł wzroku informacji,
- wielkości obrazu, jego jednoznaczności, ostrości itp.,
- warunków oświetlenia.

Całkowity zasięg widzenia, w którym za pomocą obu oczu, bez ich poruszania, można zaobserwować duże spoczywające, małe poruszające się przedmioty, sygnały optyczne, określa się mianem pola obserwacji. Obraz przestrzeni padającej na siatkówkę oka i wywołujący wrażenia wzrokowe nazywany jest polem widzenia. Granice pola widzenia uwarunkowane są:

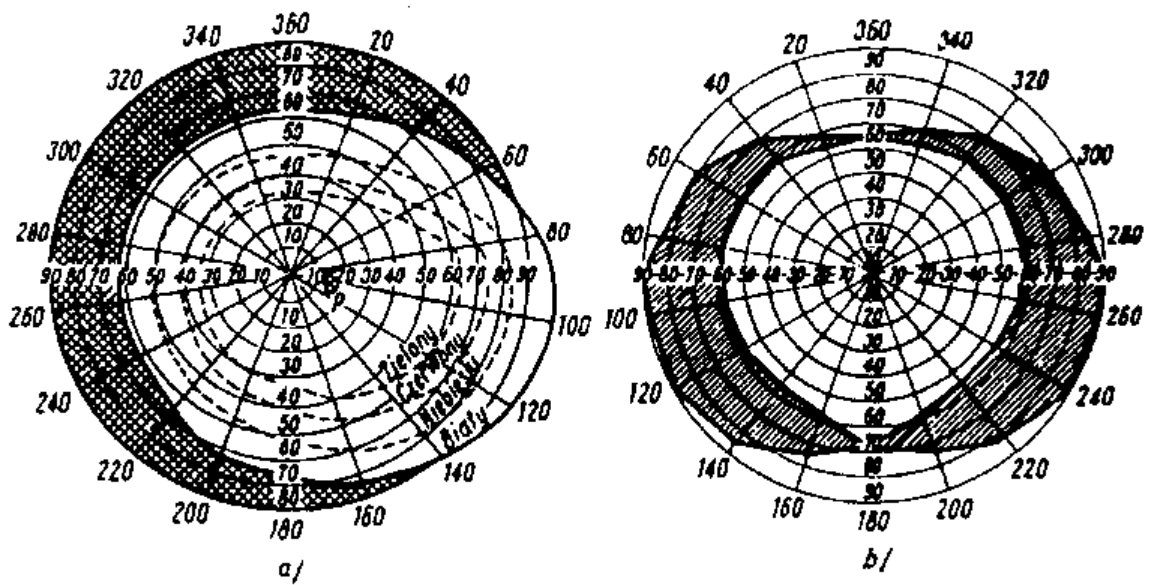
- samym usytuowaniem oka w oczodole,
- kształtem anatomicznym oczodołu i nosa; w górę - 37° - 45° , w dół - 53° - 55° , w bok: w stronę nosa - 44° - 46° , na zewnątrz - 60° .

Pola widzenia oka lewego i prawego w środkowej części pokrywają się, umożliwiając tzw. widzenie obuoczne. Pozwala ono ocenić odległość i wielkość oglądanych przedmiotów. Obraz padający na obie siatkówki nieznacznie się różni - zjawisko paralaksy. Spowodowane to jest różnicą w kącie patrzenia obu oczu. Widzenie obuoczne jest sumą wypadkową pól pojedynczego pola wrażenia wzrokowego. Warunkiem jest jednoczesny odbiór jednakowych obrazów na symetrycznych miejscach obu siatkówek.

W zależności od barwy światła, przedmiotu, pole widzenia zmienia się. Największe jest dla światła białego. Dla promieni monochromatycznych jest mniejsze. Czynnikiem warunkującym jest nie długość fali świetlnej λ , a ilość energii pochłanianej przez siatkówkę (rys. 9.3.).

Nierównomierne jest też rozmieszczenie foto receptorów. Gęstość ich zmniejsza się w miarę oddalania się od centrum siatkówki, konsekwencją czego jest nierównomierna ostrość widzenia. W związku z tym rozróżnia się widzenie: centralne i obwodowe. Widzenie centralne obejmuje obszar pola widzenia o kącie $1,36^{\circ}$, co odpowiada prostokątowi o wymiarach 20×2 cm. Pozwala na rozpoznawanie szczegółów, barw przedmiotów. Ostrość widzenia zależy ponad to od :

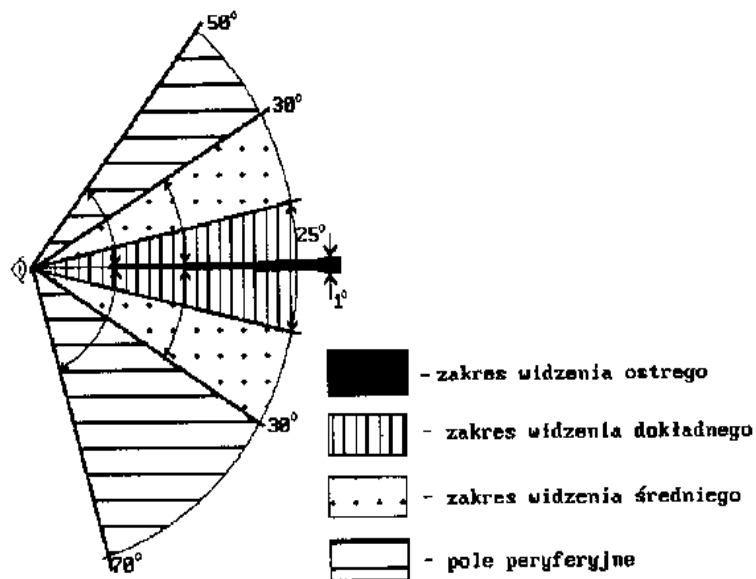
- szeregu czynników fizjologicznych,
- układu optycznego,
- cech stosowanych bodźców,
- funkcji układu nerwowego - siatkówki.



Rys. 9.3. Wielkość pola widzenia dla:

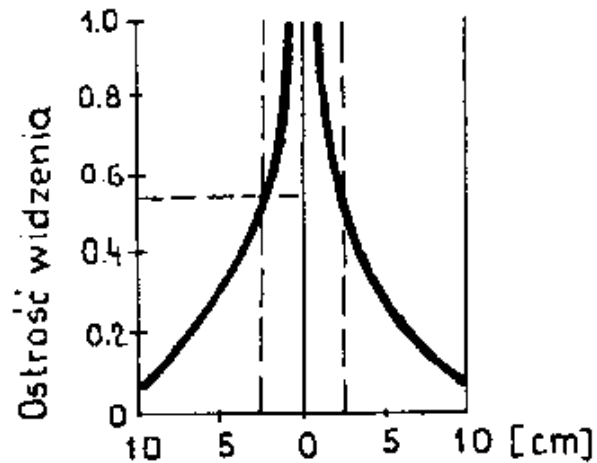
- a) jednego oka i różnej długości fali świetlnej,
- b) obu oczu (wg Rosemana)

W kącie 25° znajduje się z kolei widzenie dokładne. Po nim występuje pod ostre i peryferyjne. Rysunek 9.4. przedstawia rozkład ostrości widzenia w zależności od kąta widzenia.



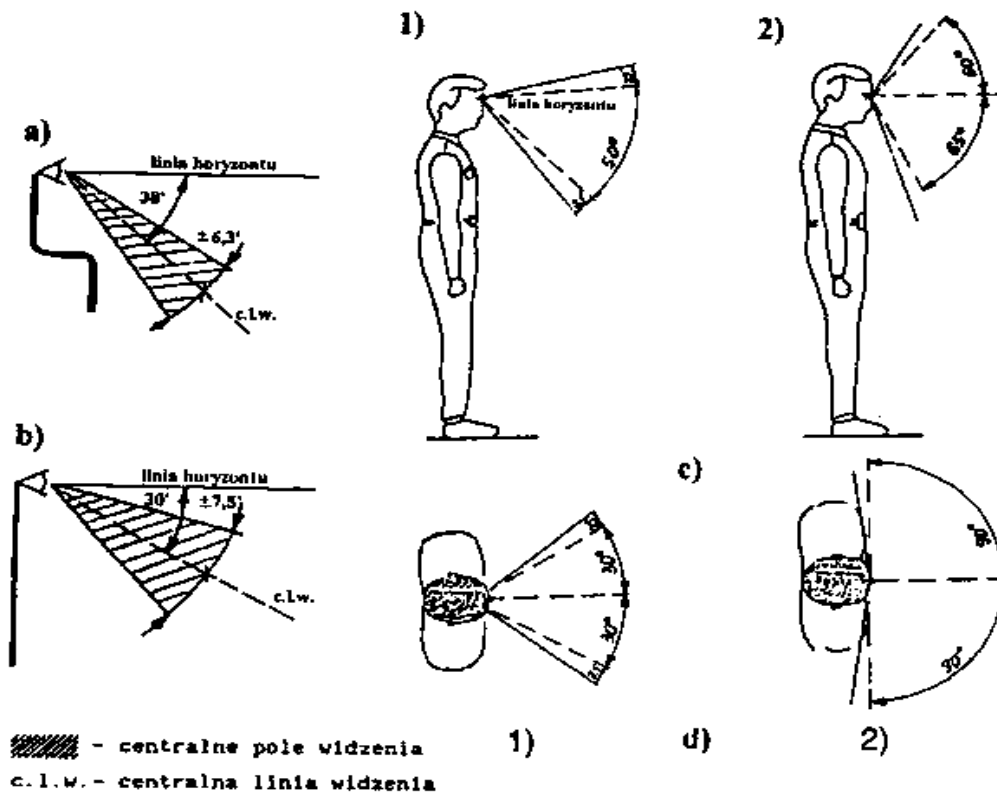
Rys. 9.4. Zmiana ostrości widzenia w zależności od kąta widzenia

Przedmioty będące w ruchu oko zauważa swą częścią peryferyjną. Ostrość widzenia uzyskuje się kierując część środkową gałki ocznej na nieruchomy obiekt. Podczas oglądania szczegółów obrazu i ustalania się osi widzenia występuje tzw. mikro oczopląs wynoszący $\sim 30'$, który także obniża ostrość widzenia. Jest ona związana też z odległością obrazu od punktu stałego. Zależność tą przedstawia [rysunku 9.5](#).

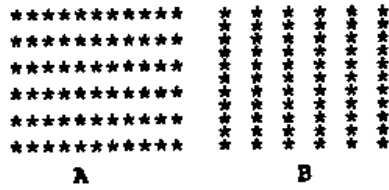


Rys. 9.5. Zależność ostrości widzenia od odległości obrazu od punktu stałego

W zależności od przyjętej pozycji przez ciało w trakcie obserwacji, zmienia się kąt i położenie centralnego pola widzenia. Na [rysunku 9.6](#). pokazano te zmiany w przypadku przyjęcia przez obserwatora najmniej uciążliwego położenia głowy.



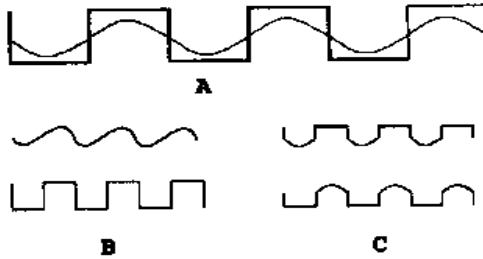
Rys. 9.6. Zmiana centralnego pola widzenia w zależności od:
 przyjętej pozycji ciała: a) siedzącej, b) stojącej;
 płaszczyzn obserwacji: c) pionowej, d) poziomej;
 zasięgów pola widzenia: 1) optymalny, 2) maksymalny.



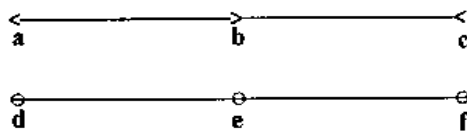
Bliskość a strukturalizacja - spostrzeganie rzędów w A i kolumn w B



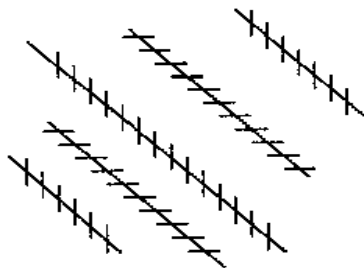
Podobienstwo a strukturalizacja postrzeganie rzędów a nie kolumn



Ciągłość a strukturalizacja - figurę A dostrzega się jako złożoną raczej z elementów B a nie C



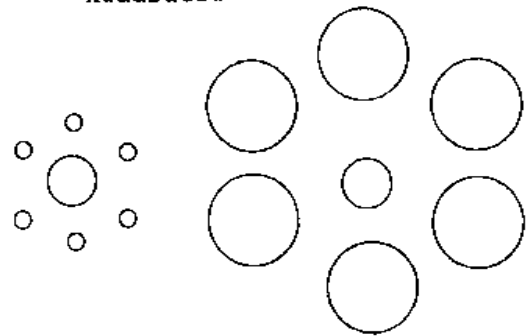
Złudzenia odległości związane z osadzeniem linii: $ab=bc$, $de=ef$



Złudzenia nierównoległości - przez przecięcie ich innymi



Zamykanie - spostrzeganie kwadratów



Złudzenia kontrastów wielkości - koła wewnętrzne są sobie równe



Zjawisko irradiacji

Rys. 9.7. Przykłady złudzeń optycznych

TABELA 9.1.

Wielkość pola widzenia w zależności od odległości obrazu od oczu obserwatora

<i>Odległość obrazu w cm</i>	<i>50</i>	<i>80</i>	<i>500</i>
<i>Średnica pola widzenia w cm</i>	<i>82</i>	<i>131</i>	<i>820</i>

Na skutek odległości obrazu od gałki ocznej ulega zmianie średnica pola widzenia. Poniższa tabela przedstawia niektóre wartości tej zależności. Przy percepcji wzrokowej występują złudzenia optyczne (rys. 9.7.) Dotyczą one następujących tendencji:

- zarówno podobieństwo jak i bliskość nadaje strukturom ciągłości,
- ciągłość a strukturalizacja,
- zamykania struktur,
- sposób osadzenia linii wpływa na błędną ocenę ich długości,
- utrudnienia oceny wielkości w skutek zastosowanego kontrastu,
- przecięcie równoległych szeregiem prostych dają złudzenie braku równoległości,
- pozornej wielkości przedmiotu w zależności od jego barwy (element jasny-bliżej, ciemny-dalej) - zjawisko irradacji,
- pozornej odległości przedmiotu wynikającej z jego wielkości (element większy - bliżej, mniejszy - dalej),
- złudzenia ruchu w wyniku przemennego pojawiania się struktur jasnych i ciemnych.

Warunki świetlne wymagane dla celów widoczności:

- Zasada właściwego natężenia oświetlenia. Określona jest wartościami minimalnymi i maksymalnymi. Minimalne natężenie uwarunkowane jest rodzajem wykonywanych czynności i możliwością rozróżniania poszczególnych elementów (szczegółów), na stanowisku pracy. Maksymalna wartość zależna jest od subiektywnego odczucia, od wystąpienia zmęczenia wzroku i wieku.
- Zasada dostosowania czasu postrzegania, który jest funkcją natężenia oświetlenia, wielkości i kształtu obrazu lub jego prędkości ruchu, miejsca pojawiania się, zmęczenia i wieku patrzącego.
- Zasada równomierności oświetlenia związana z wymaganiami stawianymi przez realizowane zadanie.
- Zasada właściwych stosunków luminancji (przedmiot a otoczenie). Zalecane stosunki luminancji podano w tabeli 9.2.

TABELA 9.2.

Zalecane stosunki luminancji

<i>pola centralnego do peryferyjnego</i>	-	<i>3:1</i>
<i>pola centralnego do brzegowych części</i>	-	<i>10:1</i>
<i>źródła światła do tła</i>	-	<i>20:1</i>

Przedmiot musi być oświetlony silniej niż otoczenie. Najsilniej w pomieszczeniu powinien być oświetlony sufit (uzyskuje się wówczas maksymalne rozproszenie oświetlenia ogólnego), następnie - ściany, a najmniej - podłoga). Maksymalny stosunek luminancji nie powinien być większy od 1:40.

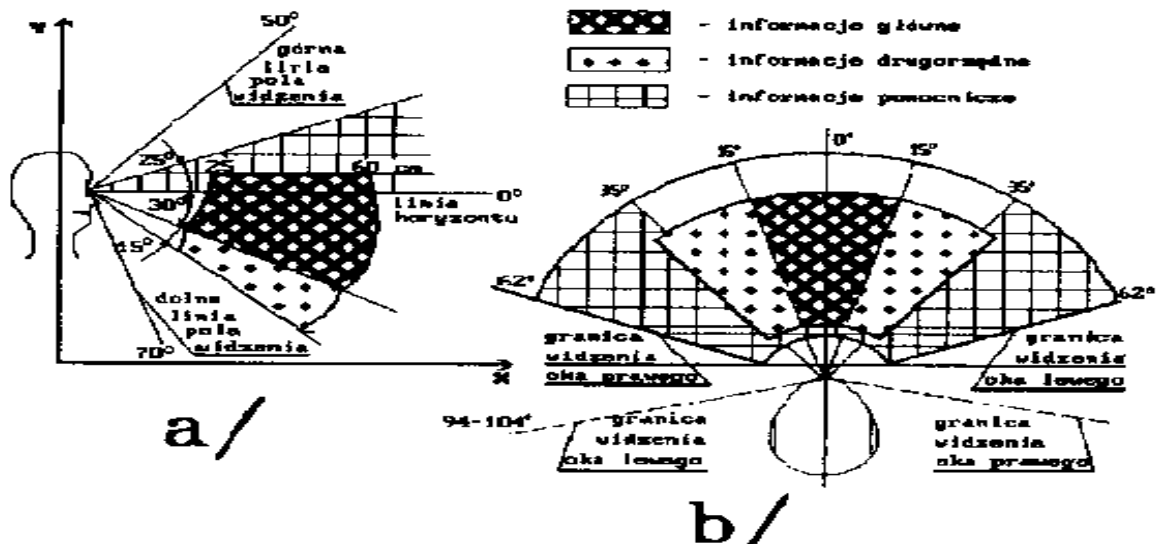
5. Zasada równomierności kontrastu luminancji (przedmiot jako całość a jego elementy). Obie te zasady (4 i 5) powiązane są ze zjawiskiem olśnienia (bezpośrednim i pośrednim). Wpływ na olśnienie pośrednie ma:
 - natężenie źródła światła,
 - położenie źródła światła względem linii wzroku (dla źródeł umieszczonych powyżej kąta 60° nad linią wzroku - zjawisko olśnienia już nie występuje, im bliżej linii wzroku, tym działanie jest silniejsze),
 - stopień rozproszenia światła,
 - rodzaj zastosowanych opraw oświetleniowych.

Olśnienie pośrednie zależy w głównej mierze od stopnia rozproszenia światła i współczynnika odbicia. Parametry te można regulować poprzez stosowanie właściwej barwy i gładkości powierzchni. (przedmiot o barwie ciemnej charakteryzuje się dużym pochłanianiem, jasnej - dużym odbiciem, powierzchnie gładkie dają odbicie kierunkowe, porowate - rozpraszają).

6. Zasada właściwego kontrastu barwnego całego przedmiotu jak i jego elementów (zbyt duży kontrast - wzrok może być zbyt przyciągany do elementów jaskrawych, przez co szybciej może wystąpić jego zmęczenie i osłabienie ostrości, za mały - może powodować zlewanie się obrazu, co również prowadzi do nadmiernego zmęczenia wzroku i spadku napięcia uwagi).
7. Zjawisko addytywności barw. Działając światłem monochromatycznym na barwne przedmioty można uzyskać efekt: wzmocnienia danej barwy, wytłumienia lub całkowitej jej zmiany na inną.
8. Zjawisko stroboskopowe, które występuje dla wyładowczych źródeł światła. Podczas ruchu obrotowego urządzenia pracującego przy tego typu oświetleniu mogą zachodzić następujące stany:
 - pozornego bezruchu, - jeżeli częstotliwość strumienia świetlnego będzie równa wielokrotności częstotliwości obrotowej pracującego urządzenia,
 - pozornej zmiany prędkości obrotowej urządzenia będącego w ruchu,
 - pozornej zmiany kierunku obrotów.

Warunki rozmieszczenia urządzeń informacyjnych i sterujących

Antropometryczne zasady kształtowania obszarów pracy winny stanowić wytyczne dla właściwego rozmieszczenia urządzeń informacyjnych (U. Inf.), czy-li sygnalizacyjnych (U.S) i sterujących (U. St.). Rysunek 9.8. i rys. 9.9. przedstawiają zalecenia tego postępowania.



Rys. 9.8. Rozmieszczenie urządzeń informacyjnych (sygnalizacyjnych):

- a) dla płaszczyzny pionowej,
- b) poziomej

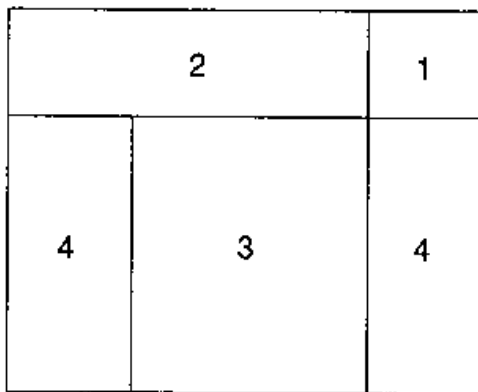
Urządzenia te stanowią wyposażenie stanowisk pracy. Urządzenia sterujące powinny znajdować się w strefie przestrzeni manipulacyjnej, czyli w zasięgach ruchów, a informacyjne - w strefie pola widzenia. Urządzenia sterujące wykorzystują sprawność procesu motorycznego oddziaływania człowieka na proces produkcji (uruchomienie, zatrzymanie, zmiana kierunku i szybkości). Posiadają cechy: zdolność rozróżniania, operatywność i dostępność. Zależne są od: swej konstrukcji, usytuowania przestrzennego i przystosowania do właściwości i cech antropometrycznych człowieka. Zdolność rozróżniania urządzeń sterujących związana jest z:

- ich przeznaczeniem,
- warunkami pracy,
- rodzajem zmysłu, na który będą oddziaływać,- ich kształtem, wielkością, położeniem w stosunku do ciała operatora,
- rodzajem powierzchni (gładkość, twardość), - rodzajem użytego materiału.

Operatywność, czyli łatwość manipulacji urządzeniami sterującymi zależna jest od:

- wielkości stawianego oporu, (zbyt duży i zbyt mały jest niekorzystny),
- stopnia zgodności między kierunkiem ruchu urządzeń sterujących a skutkiem tego ruchu (skojarzenia, przyzwyczajania człowieka),
- sposobu usytuowania urządzeń sterujących wobec operatora,
- czucia kinetycznego kończyn i ich siły,
- przyzwyczajień człowieka (stereotypowość ruchów-długotrwałe ćwiczenie),
- realizmu urządzeń sterujących, czyli zdolność do odzwierciedlania rzeczywistości.

Rozmieszczenie przestrzeni roboczej takie, by zapewniała łatwość wyszukiwania i manipulowania urządzeniami sterującymi, rozumiana jest jako dostępność. Szczególne znaczenie ma gdy: zachodzi konieczność jednoczesnej obsługi większej ilości U. St., - dodatkowo wymagane jest śledzenie wskazań U.S.



- 1 – umieszczenie wyłącznika (zasilanie)
- 2 – umieszczenie U.S. (informacje główne)
- 3 – U.St. ważne lub często używane
- 4 – U.St. rzadko używane (inf. pomocnicze)

Rys. 9.9. Rozmieszczenie urządzeń sterowniczych.

Dlatego też tak ważne jest właściwe ich rozmieszczenie w przestrzeni, wzajemne usytuowanie i przyporządkowanie U. St. właściwemu U.S. (łatwe w interpretacji).

Zasady rozmieszczenia urządzeń sterujących i pomiarowych:

1. grupowania według ważności (najważniejsze powinny być w strefach łatwo dostępnych i najlepiej widocznych; awaryjne - łatwo dostępne, wyraźnie oddzielone i oznakowane, w obrębie kąta 20 od centralnej linii wzroku),
2. kolejności użycia (rozmieszczone w takiej kolejności w jakiej będą używane, aby zachować ruch ciągły i płynny, ze strony lewej do prawej),
3. częstości użytkowania (najczęściej używane powinny być w strefach optymalnych pod względem dostępności i widoczności),
4. grupowania według funkcji:
 - ogólna sygnalizacja, informująca, jedynie, że w ogóle się coś dzieje,
 - wskazania jakościowe,
 - wskazania ilościowe.

W trakcie procesu pracy ma miejsce stałe przekazywanie informacji pomiędzy dwoma członami układu ergonomicznego. System przekazywania informacji składa się z 3 komponentów: źródła sygnału, kanału przekazującego (transmisji) oraz odbiornika. Nośnikami informacji są różne czynniki fizyczne zwane sygnałami. Mogą przekazywać informacje o stanach istniejących oraz o zmianach zachodzących na zewnątrz i wewnątrz układu ergonomicznego. Stosowane są różne podziały sygnałów ze względu na:

- A. pochodzenie: naturalne i sztuczne,
- B. reakcję systemu nerwowego człowieka: świadome i podświadome,
- C. proces zapamiętywania: znamienne (oczywiste, nie trzeba się ich uczyć), symboliczne, robocze, alarmujące,
- D. sposób pochodzenia: z instrukcji, z urządzeń sygnalizacyjnych, nie przekazywane instrumentalnie (kolor surówki, warkot silnika), jako końcowy efekt pracy (produkt),
- E. rodzaj czynnika, który jest w stanie oddziaływać na zmysły człowieka: akustyczne, świetlne, chemiczne, ciepłe, itp.,

Sposób przekazania: werbalne (stój, idź), pogładowe, zakodowane. Wszelkie informacje o procesie pracy napływają do pracownika poprzez urządzenia sygnalizacyjne (U.S.) emitujące charakterystyczne sygnały. Na szybkość, łatwość ich rozróżnienia, zrozumienie i interpretację treści wpływa: zarówno konstrukcja tych urządzeń, jak i pole orientacji. Może ono mieć strukturę:

- przestrzenną (wielkość i miejsce pojawienia się sygnału, stosunek i kontrast luminancji, kontrast barwny),
- czasową (szybkość z jaką po sobie następują sygnały, ich rozróżnialność, występowanie monotonii i monotypii),
- statystyczną, czyli prawdopodobieństwa pojawiania się sygnału,
- probabilistyczną (sygnały najczęściej występujące powinny znaleźć się w miejscach, gdzie wzrok kierowany jest spontanicznie i najczęściej).

Na spostrzegawczość sygnału ma wpływ:

- jego jakość i intensywność (próg wrażliwości i czucia),
- wielkość ,kształt (regularne, nieregularne),
- położenie w polu widzenia (podstawowa cecha rozpoznawcza),
- ruch sygnału,
- czas pojawiania się,
- czas trwania (wartość progowa, zjawisko adaptacji i zmienności),
- odstępy między sygnałami zarówno w znaczeniu przestrzennym jak i czasowym,
- zakłócenia na drodze transmisyjnej.

Od w/w czynników zależy obciążenie człowieka w procesie pracy.

Ergonomiczne wymagania stawiane procesom informacyjnym - należy dążyć by:

- przebiegały z szybkością optymalną tzn. umożliwiającą właściwe zrozumienie sygnałów i prawidłową reakcję na nie (zdarzenia prawdopodobne),
- przebiegały przy minimalnym wysiłku człowieka ze względu na konieczność spostrzegania i zrozumienia sygnałów,

- dawały pewność prawidłowego zrozumienia ich treści,- nie powodowały skutków ubocznych (choroby, wypadki).

Każdy przekazywany sygnał ulega zakłóceniu w kanale transmisji, który charakteryzuje się określoną zdolnością przepustową. Entropia, czyli przepustowość jest to maksymalna ilość informacji jaką można przesłać w kanale w jednostce czasu przez określone źródło. Zależy od: zakłóceń, rodzaju przesyłanych sygnałów i sposobu ich kodowania. Kodowanie jest bardzo ważnym etapem przetwarzania danych. Związane jest z zapisywaniem informacji za pomocą umownych sygnałów, o ustalonym znaczeniu, przy zapewnieniu najmniejszych zakłóceń i najkrótszej transmisji. Przemiana małych grup informacyjnych w zespoły nosi nazwę rekodowania. Oba te etapy związane są z możliwością wyboru sygnału i zmysłu, na który działają. Problemami tymi zajmuje się teoria informacji. Jednostką informacji jest bit (1 bajt = 8 bitów). Zakresem niepewności nazywa się ilość możliwości, jakie zachodzą w konkretnym przypadku. Największą ilość informacji można uzyskać stosując prawdopodobieństwo stanów alternatywnych. Wynosi ona w bitach:

$$H = \sum_{i=1}^m p \lg p$$

gdzie: H - ilość informacji możliwa do uzyskania, i - ilość stanów ($1 < i < m$), p - prawdopodobieństwo wystąpienia stanu i -tego.

Jeżeli występuje k - sygnałów, to ogólna ilość informacji (H_0) przenoszona przez k - sygnałów wynosi:

$$H_0 = \sum H_i$$

gdzie: H_i - ilość informacji przenoszona przez i -ty sygnał.

Przyczyny powstawania błędów w odbiorze informacji:

- sygnał niesie dostateczną ilość informacji, ale trwa zbyt krótko,
- sygnał niesie dostateczną ilość informacji, ale trwa zbyt krótko dla odbiorcy niewyszkolonego,
- sygnał jest dostatecznie silny u źródła lecz osłabia się lub zniekształca na drodze transmisji,
- zmęczenie - powoduje spadek koncentracji uwagi i zdolności spostrzegania,
- brak właściwego przygotowania psychicznego do odbioru sygnału,
- sygnał niesie za mało informacji by decyzja była prawidłowa,
- sygnał niesie za dużo informacji.

Skutki przeciążenia informacyjnego:

- pominięcie (opuszczenie) sygnału,
- brak możliwości nadążenia z odpowiedzią u odbiorcy,

- filtracja strumienia informacji (wybór niektórych, odrzucenie innych),
- zmniejszenie zakresu rozróżnienia i rozpoznawania sygnałów,
- krańcowe przeciążenie - rezygnacja z wykonywanego zadania.

CZŁOWIEK - PIERWSZY CZŁON UKŁADU ERGONOMICZNEGO

Sekwencja historyczna "Ergonomii" oparta jest o następujące kryteria:

- I. kreowanie tworu techniki doskonałego pod względem techniki,
- II. barierę ekonomiczną, która wzbogaca powyższe kryterium,
- III. humanizujące, które charakteryzuje parametry ludzkie dla w/w kryteriów.

Współczesne tendencje skłaniają się w kierunku humanizacji w inżynierii tzw. Human Factor in Engeenering, która stosuje odwróconą kolejność w/w kryteriów. Bazując na: projektowaniu, wytwarzaniu i eksploatacji podkreśla podmiotową, centralną rolę człowieka. Znajomość samego człowieka, jego wymagań i zapotrzebowania, powinno być punktem wyjściowym w procesie kształcenia inżynierskiego, obejmującego elementy: konstrukcyjne, technologiczne i organizacyjne.

Organizm człowieka stanowi zbiór systemów, układów, narządów, tkanek i komórek. Swe istnienie i prawidłowe funkcjonowanie zawdzięczają one pewnym mechanizmom, które podlegają prawom fizjologicznym. Poznanie ich pozwoli przyjąć właściwy kierunek rozwiązywania problemów ergonomicznych, czy to dotyczących czynników materialnych środowiska pracy, czy też konstrukcji stanowiska pracy i funkcji jaką mają spełniać.

Żywy organizm ludzki zaliczany jest do układów samodzielnych, gdyż:

- jest w stanie tworzyć i magazynować energię,
- mogą zachodzić w nim procesy informacyjne i decyzyjne,
- posiada zdolności wykrywania i niszczenia obcych komórek,
- potrafi stabilizować swe wewnętrzne parametry,
- wydatkować energię.

Odpowiedzialne za to są następujące systemy:

- I. alimentacyjny, zapewniający żywemu organizmowi zasilanie energetyczne
- II. informacyjny, dostarczający wiadomości o sobie i otoczeniu,
- III. immunologiczny, pełniący rolę ochronną dla organizmu,
- IV. hormonalny, zawiadujący kontrolą humoralną organizmu (przenoszenie informacji zakodowanych w postaci cząsteczek związków chemicznych),
- V. nerwowy,
- VI. regulacji,
- VII. sterowania,
- VIII. sensoryczny, wykorzystujący zmysły człowieka i dostarczający informacji o czuciu cielesnym i trzewnym.

Pełnią one rolę centralnego koordynatora poszczególnych układów, narządów, czy też pojedynczych komórek. Przez system rozumiany jest zbiór elementów związanych wspólną funkcją jaką musi wykonać. Nie stanowi izolowanej, zamkniętej w sobie całości, ale posiada wejścia i wyjścia, które łączą go z otoczeniem lub innym systemem. Posiada również funkcję przejścia, pozwalającą na określenie, wpływu wyjścia na wejście oraz sposobu w jaki się to odbywa. System ten może mieć też człon autoregulacji ze sprzężeniem zwrotnym, pozwalający na uzyskanie i utrzymanie stanu równowagi statycznej lub dynamicznej. Prosty system nosi nazwę układu, a wyspecjalizowane części organizmu pozwalające na przystosowanie organizmu do środowiska zewnętrznego. zwane są narządami. Tkanki są to zespoły jednostek o charakterystycznej budowie przystosowane do pełnienia określonych funkcji. Wszystkie tkanki, narządy i układy składają się z podstawowych jednostek czynnościowych, jakimi są komórki.

SYSTEM ALIMENTACYJNY CZŁOWIEKA

Człowiek stanowi niezwykle czułą stację nadawczo-odbiorczą. W żywym organizmie występuje ciągły przepływ strumienia energii: pobór, wykorzystanie i wydzielanie. Człowiek jako układ samodzielny jest w stanie tworzyć, magazynować i wydatkować energię. Rolę tę pełni system alimentacyjny.

Źródłem energii dla żywego organizmu są pokarmy. Z nich człowiek musi otrzymywać w odpowiednich ilościach i proporcjach niezbędne składniki, które ogólnie można podzielić na:

- białka (syntetyzowane we wszystkich komórkach ustroju zwłaszcza w wątrobie, trzustce, jelitach),
- tłuszcze (spalane w wątrobie, a odkładane w tkance tłuszczowej: zwłaszcza pod skórą i w okolicach brzucha),
- węglowodany, czyli cukry (spalane w mięśniach),
- składniki mineralne,
- witaminy,
- tlen (układ oddechowy i krwionośny).

Składniki pokarmowe pełnią następujące funkcje:

- budulca: białka, sole mineralne (fosfor i wapń),
- energetyczne: białka, węglowodany proste i złożone,
- regulujące: sole mineralne, witaminy rozpuszczalne w wodzie (B,P,C) i w tłuszczach (A,D,E,K).

Piąta część wagi ciała człowieka to białka. Biorą one udział w utrzymaniu równowagi wodnej organizmu. Ich syntetyzowanie (rozkład na przyswajalne i przenikające przez błonę komórkową) jest potrzebne do tworzenia antyciał zwalczających infekcje bakteryjne. Białko jest podstawowym budulcem komórek (cytoplazmy), enzymów, hormonów i hemoglobiny. Człowiek potrzebuje przeciętnie 0,5 g białka /kg swej wagi. W strainach (stanach zagrożenia), przy wykonywaniu ciężkiej pracy fizycznej, w stanach chorobowych i niewłaściwym mikroklimacie, zapotrzebowanie organizmu na białko wzrasta. Promienie Rentgena i nadfioletowe powodują zmiany właściwości fizycznych białka.

Organizm człowieka składa się z pierwiastków jakie występują w wodzie, powietrzu i ziemi. Około 70% wagi jego ciała stanowi woda. Pierwiastki, które występują w większych ilościach nazywane są makroelementami. Są to: węgiel, wodór, sód, potas, wapń i chlor. Pierwiastki występujące w ilościach śladowych zaliczane są do mikroelementów i są to m.in. miedź, cynk, ind, złoto, srebro, mangan, selen, wolfram i magnez. Oba typy zwane są bio pierwiastkami. Mimo, że w organizmie człowieka stanowią zaledwie 4% jego ciężaru ciała, to rola ich jest ogromna. Zarówno ich niedobór jak i nadmiar powoduje zachwianie równowagi energetycznej organizmu. Szczególnie ważny jest magnez (0,004%). Reguluje on ~ 300 procesów metabolicznych w komórce. Jego niedobór powodują m.in. stany emocjonalne, alkohol, zbyt duże ilości czarnej kawy. Ostatnio przeprowadzone badania mieszkańców różnych miast przez naukowców AM w Krakowie i WAT wykazały, że niedobór magnezu występuje prawie u wszystkich badanych i waha się w granicach aż 50%.. Niedobór ten występuje nie tylko u ludzi. Okazują się, że brakuje go również w glebie, w produktach roślinnych i zwierzęcych. Drugim co do ważności jest wapń (Ca). Służy ono do regeneracji: substancji kostnych, zębów, paznokci, efektów pracy mięśni; ułatwia krzepnięcie krwi, obniża poziom cholesterolu oraz reguluje wiele innych funkcji organizmu. Na jego obecność ma wpływ nie tylko ilość dostarczana, ale również jego stopień przyswajalności. Z kolei miedź (Cu) i cynk (Zn) biorą aktywny udział w procesie wytwarzania hemoglobiny. Cynk poza tym jest odpowiedzialny za prawidłową przemianę białkową i węglowodorową, zwłaszcza w rozwoju całego organizmu (okres wzrostu). Decydującą rolę w przewodnictwie nerwowym odgrywa potas (K) wraz z sodem (Na). Wpływają one także na aktywność mięśni, na regulację równowagi kwasowo-zasadowej i wodnej tkanek, utrzymanie właściwego ciśnienia osmotycznego w płynach ustrojowych itp. Z kolei za równowagę psychiczną człowieka odpowiada lit (Li). Wspomaga on magnez w reakcjach biochemicznych organizmu. Do wytwarzania ciał odpornościowych zmusza organizm obecność selenu (Se). Podobną rolę odgrywa jod (J), zwłaszcza poprzez oddziaływanie na funkcje tarczycy, która oprócz działania immunologicznego, pozwala na odbudowę niezbędnej do życia energii. W metabolizmie tkankowym, ważną rolę odgrywa wiązanie siarkowe. Siarka niezbędna jest do tworzenia połączeń organicznych. Najważniejszym pierwiastkiem energetycznym systemu nerwowego i płciowego jest fosfor (F). Metabolizm fosforu ma związek z hormonem wzrostu. Działa synergicznie z Ca. Podstawowym pierwiastkiem służącym do transportu i kumulowania molekularnego tlenu jest żelazo (Fe). Zapotrzebowanie organizmu na nie zmienia się wraz z wiekiem. Do prawidłowego przyswajania Fe potrzebna jest Cu.

Powyżej została przedstawiona niepełna lista bio pierwiastków oraz niektóre ich funkcje. Nie jest to jednak przedmiotem niniejszych rozważań. Celem było przybliżenie zagadnienia i wskazanie na wagę jaką odgrywa prawidłowe odżywianie w procesach metabolicznych. Na metabolizm ma wpływ pole elektro-magnetyczne magnezu. Działanie obu biegunów jest zróżnicowane. Promieniowanie bieguna N (-) ma działanie pobudzające procesy metaboliczne (wzrost leukocytów), a S (+) - zmniejsza odporność, hamuje metabolizm, opóźnia rozwój żywych organizmów. Zapotrzebowanie kaloryczne organizmu oblicza się na podstawie przemiany materii, która zachodzi w sposób ciągły, nieustający. Wielkość przemiany materii wyrażona jest w kaloriach (cal) lub dżulach (J) i zależy od: wagi, wzrostu, płci, klimatu, ilości spożytego posiłku, rodzaju, charakteru i wielkości wysiłku fizycznego i psychicznego człowieka.

Pośrednia przemiana materii (metabolizm) polega na przyswajaniu jednych i eliminowaniu z ustroju innych substancji chemicznych oraz na wytwarzaniu i zużyciu energii zarówno podczas odpoczynku jak i wysiłku. Stąd wyróżnia się przemianę materii:

- podstawową tzw. spoczynkową (P.P.M.),
- wysiłkową (W.P.M.).

P.P.M.- jest to najmniejsza ilość energii zużywana przez człowieka w stanie spoczynku (możliwie przy całkowitym odprężeniu mięśniowym, w porze rannej, 12 godzin od ostatniego posiłku, w temperaturze otoczenia 20 C).

Zależy ona od: powierzchni ciała, płci, wieku, warunków klimatycznych i czynników wewnętrznych np.: działanie hormonów. Do obliczenia P.P.M. (E_M), w kJ /dobę mogą służyć następujące wzory empiryczne. M,K

$$E_M = 230 + (58 \times m) + (21 \times h) - (28 \times w)$$

$$E_K = 268 + (40 \times m) + (8 \times h) - (20 \times w)$$

gdzie:

- M - mężczyźni;
- m - masa ciała (waga) w kg,
- K - kobiety;
- h - wzrost w cm;
- w -wiek w latach.

U osób dorosłych wartość P.P.M. kształtuje się w zakresie 1400,1700 kcal /dobę i maleje wraz z wiekiem. Podczas pracy umysłowej nie stwierdzono przyrostu energii P.P.M.

W.P.M.- związana jest z każdą czynnością ustroju (zwłaszcza dot. pracy mięśni). Występuje wówczas przyrost energii (W.E.), której wartość zmienia się w zależności od stopnia ciężkości pracy. W odniesieniu do 8 godz. dnia pracy, stopień ciężkości pracy i wartość W.E kształtują się następująco:

TABELA 11.1.

Stopień ciężkości pracy określony w zależności od wartości wydatku energetycznego (WE) poniesionego przez organizmu podczas wysiłku

<i>Stopień ciężkości pracy</i>	<i>Wydatek energetyczny WE netto</i>		<i>Parametry fizjologiczne</i>		
	<i>kcal/zm.rob.</i>	<i>J/zm.rob.</i>	<i>fodd</i>	<i>fiętna</i>	<i>t_{ciała} w °C</i>
<i>lekka</i>	<i>do 300</i>	<i>poniżej 1250</i>	<i>do 20</i>	<i>do 75</i>	<i>< 37,5</i>
<i>umiarkowana</i>	<i>300 - 800</i>	<i>1250 - 3350</i>	<i>20 - 25</i>	<i>75 - 100</i>	<i>< 37,5</i>
<i>średnia</i>	<i>800 - 1500</i>	<i>3350 - 6300</i>	<i>25 - 30</i>	<i>100 - 125</i>	<i>< 38,0</i>
<i>ciężka</i>	<i>1500 - 2000</i>	<i>6300 - 8300</i>	<i>30 - 35</i>	<i>125 - 150</i>	<i>< 38,5</i>
<i>b. ciężka</i>	<i>2000 - 3000</i>	<i>8300 - 12560</i>	<i>35 - 40</i>	<i>150 - 175</i>	<i>< 39,0</i>
<i>krańcowa</i>	<i>pow. 3000</i>	<i>pow. 12560</i>	<i>> 40</i>	<i>> 175</i>	<i>> 39,0</i>

Przemiana materii zachodząca w żywym organizmie obejmuje dwa przeciwstawne procesy metaboliczne:

- anaboliczne (asymilacyjne),
- kataboliczne (desymilacyjne).

Procesy anaboliczne polegają na pobieraniu z krwi substancji pokarmowych i tworzeniu z nich części własnej plazmy czyli tkanki żywej (tworzenie i gromadzenie energii).

Procesy kataboliczne polegają natomiast na rozszczepianiu dużych cząstek na mniejsze, które mogą ulegać hydrolizie i utlenianiu (wydatkowanie energii).

W procesie alimentacyjnym człowieka biorą udział jego układy wewnętrzne:

trawienny, wydalniczy, krwionośny, limfatyczny, oddechowy, mięśniowy i kostny.

Układ trawienny

Rolą jego jest przetwarzanie pobranego pokarmu przed jego wchłonięciem i wykorzystaniem. Poszczególne człony tego układu pełnią odrębną, ściśle określoną funkcję, w następującej kolejności:

- w jamie ustnej następuje rozdrobnienie i rozmiękczenie pokarmu śliną, czyli częściowe przetworzenie chemiczne,
- w żołądku pokarm zostaje wymieszany z sokami żołądkowymi oraz ulega dalszemu przetworzeniu chemicznemu,
- wątroba i trzustka rozkłada białka na aminokwasy, czyniąc białko bardziej przyswajalnym,
- jelita powodują przesuwanie treści pokarmowej,
- kosmyki jelitowe wchłaniają pokarm tak przetworzony,
- krwioobieg rozprowadza te produkty po całym organizmie do elementarnych komórek, gdzie następuje przemiana materii.

Układ wydalniczy

Rolą jego jest wydalanie szkodliwych produktów przemiany materii, re-gulowanie poziomu H_2O , CO_2 , soli mineralnych. Biorą w nim udział:

- układ krwionośny, który odprowadza:
 - CO_2 , przy czym kierunek odprowadzenia (płuca-tkanki) zależy od stężenia CO_2 ,
 - wytworzony w mięśniach na skutek wysiłku kwas mlekowy do wątroby,

- układ oddechowy, który odprowadza zużyte powietrze, czyli CO₂ i H₂O.
- nerki - odprowadzają mocznik NaHCO₂, H₂O, sole mineralne,
- wątroba, gdzie przy pomocy tlenu syntezuje kwas mlekowy na glukozę,
- część końcowa tego układu usuwa na zewnątrz nieprzyswajalne części pożywienia,
- skóra - wydala: pot, mocznik, amoniak, sole mineralne, wodę.

Utrata H₀ dla organizmu stanowi bardzo duże zagrożenie. Już 10% utrata 2 stanowi duże ryzyko, a 20-22% oznacza śmierć.

Układ krwionośny

Elementami składowymi tego układu są:

- serce, stanowiące z mechanicznego punktu widzenia pompę ssąco-tłoczącą,
- naczynia krwionośne stanowiące drogę transmisyjną, rozprawdzające krew do każdej komórki organizmu.

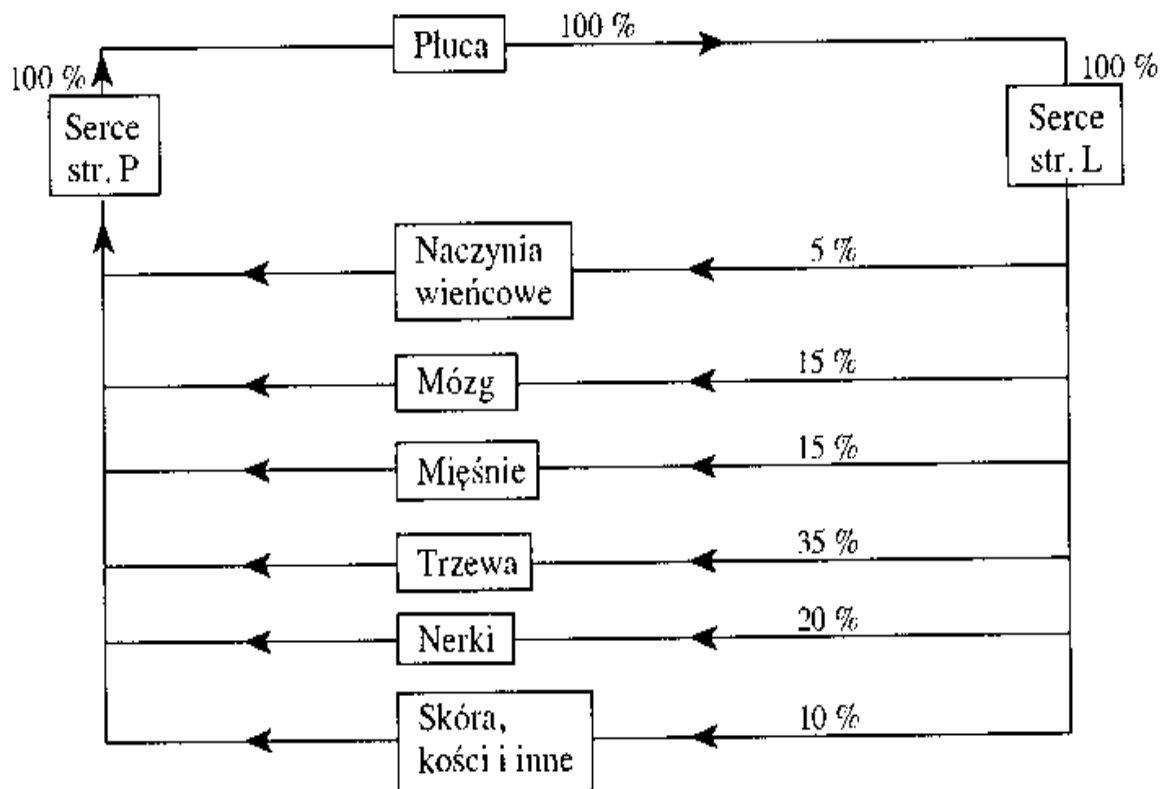
Serce wykonuje nieustającą pracę. Polega ona na stałym, rytmicznym i naprzemiennym kurczeniu się i rozkurczaniu obu przedsionków i obu komór (0,3 sek. pracy i 0,2 sek. pauzy). By przetransportować całą ilość krwi (1/20 - 1/13 masy ciała), musi serce wykonać 28 skurczy. Liczba skurczów serca na minutę nosi nazwę tętna. Dla odpoczywającego człowieka wartość ta kształtuje się w granicach 60-70 uderzeń /min. Wzrasta wraz z wysiłkiem. Ilość krwi wytaczanej z komory serca w czasie pojedynczego skurczu nazywa się objętością wyrzutową serca. Ilość krwi przepływająca przez komorę w ciągu 1 minuty nazywa się objętością minutową (ok. 4,5 litrów). W czasie wykonywania intensywnej pracy fizycznej objętość minutowa wzrasta nawet do 35 litrów. Krew krąży w naczyniach krwionośnych. Te, które dostarczają krew (ciemną) do serca nazywane są żyłami. Tętnicami natomiast krew (jasna) jest odprowadzana. W 55% krew stanowi osocze, resztę - substancje morfotyczne (krwinki czerwone - erytrocyty, białe - leukocyty i płytki krwi - trombocyty). Przepływająca w organizmie krew spełnia następujące funkcje:

- utrzymuje środowisko wewnętrzne ustroju na stałym poziomie,
- do każdego miejsca ciała dostarcza: substancje odżywcze, tlen, hormony, i przeciwciała,
- odprowadza stamtąd zbędne produkty przemiany materii (CO₂, mocznik),
- utrzymuje stały, substancjalny kontakt pomiędzy wszystkimi częściami ciała,
- wyrównuje: różnice temperatur różnych okolic ciała, ciśnienie osmotyczne i stężenie jonów wodorowych (pH) we wszystkich tkankach,
- rozprawdza po całym organizmie wszelkie substancje chemiczne dostające się do krwioobiegu,

W organizmie człowieka można wyróżnić dwa rodzaje obiegu krwi:

- mały (od P komory do L przedsionka), tzw. płucny (w pęcherzykach płucnych następuje proces utleniania krwi),
- duży (od L komory do P przedsionka), który rozprawdza różne substancje po wszystkich komórkach czy też tkankach ustroju.

Obraz zmian czynnościowych układu krążenia podczas pracy mięśniowej zależy od: rodzaju i intensywności wysiłku, pozycji ciała, użytych mięśni, czynników materialnych środowiska pracy. Objętość wyrzutowa serca jest o około 2 l /min większa dla pozycji stojącej niż leżącej. Podczas wysiłku zmienia się rozmieszczenie krwi w organizmie (z wyjątkiem mózgowego). W pracujących mięśniach i skórze wzrasta, a zmniejsza się w obszarach naczyniowych układu trawienia. Podczas wysiłku ciśnienie skurczowe krwi wzrasta proporcjonalnie do jego intensywności, natomiast rozkurczowe nie zmienia się raczej. Większa jest reakcja układu krążenia gdy pracują mniejsze grupy mięśniowe niż większe. Przyczyną jest obciążenie statyczne.



Rys. 11.1. Schemat przepływu krwi przez poszczególne narządy, w stanie spoczynku

Układ limfatyczny

Jest on układem otwartym. Systemem bardzo cienkich naczyń przenika przez całe ciało. Istniejące w nich zastawki uniemożliwiają cofanie się płynu. Lokalne mięśnie powodują powolny przepływ limfy. Występujące w naczyniach limfatycznych węzły chłonne wytwarzają limfocyty i działają jak filtry, chroniąc je przed infekcjami. Limfa jest cieczą bezbarwną (15 l). Bierze udział w transporcie pokarmu, odpadów i rozkładu tłuszczu.

Układ oddechowy

Oddychanie jest to proces wymiany gazów związanych z produkcją energii w organizmie: pobieranie O_2 i usuwanie CO_2 . W skład układu oddechowego wchodzi kilka narządów, pełniących ściśle określone funkcje:

- nos i jama nosowa - oczyszczanie powietrza,
- gardło - transport powietrza do krtani,
- tchawica - transport powietrza do oskrzeli,
- oskrzela - rozprowadzenie powietrza do oskrzelików,
- pęcherzyki płucne - wymiana gazowa.

U człowieka można wyróżnić dwa rodzaje oddychania:

- płucne, gdzie następuje wymiana gazów między otoczeniem a krwią w pęcherzykach płucnych, zwane zewnętrznym,
- tkankowe, gdzie wymiana gazów zachodzi pomiędzy krwią a tkankami, zwane wewnętrznym.

Wymiana gazów (CO_2 i O_2) odbywa się także i przez skórę, ale tylko w 1 %.

Stanowi ona łącznik organizmu ze środowiskiem. Poza braniem udziału w oddychaniu (tzw. poza komórkowym) pełni również funkcje ochronne przed wpływem otoczenia oraz termoregulacyjne. Ilość powietrza wchodzącego do płuc równa jest ilości powietrza wychodzącego. Nosi nazwę objętości oddechowej (Obj. odd.). Pomnożona przez częstość oddechową (fodd.) /min daje obraz wentylacji minutowej płuc.

W stanie spoczynku: Obj. odd. ~ 0,5 l, a fodd.~ 14/min.

Zróżnicowanie objętości powietrza w płucach w zależności od jego przeznaczenia przedstawia poniższa tabela:

TABELA 11.2.

Udział części składowych w całkowitej pojemności płuc

<i>1500 ml</i>	<i>500 ml</i>	<i>1500 ml</i>	<i>1000 ml</i>
<i>powietrze</i>	<i>powietrze</i>	<i>powietrze</i>	<i>powietrze</i>
<i>uzupełniające</i>	<i>oddechowe</i>	<i>zapasowe</i>	<i>zalęgające</i>
<i>używane przy</i>		<i>zużywane</i>	
<i>mówieniu</i>		<i>podczas</i>	
		<i>wysiłku</i>	

CAŁKOWITA POJEMNOŚĆ PŁUC

Ilość pobieranego O_2 z powietrza jest wprost proporcjonalna do intensywności wysiłku fizycznego, ale tylko do pewnego momentu, po przekroczeniu którego, pochłanianie tlenu

stabilizuje się (zjawisko adaptacji) mimo dalszego nań zapotrzebowania. Zostaje wówczas osiągnięta maksymalna zdolność pochłaniania. Granicę tę stanowi tzw. maksymalny pobór tlenu. Ta równowaga czynnościowa zwykle występuje po 6-12 min. wysiłku. Przy przedłużaniu się wysiłku, mimo, że pochłanianie jest stałe, może rosnąć wartość tętna. Człowiek podczas wykonywania intensywnej pracy fizycznej, wymagającej większego nakładu pracy niż jego możliwości, zaciąga tzw. dług tlenowy. Jest to różnica pomiędzy zapotrzebowaniem a ilością dostarczoną, którą spłaca po zakończeniu wysiłku, gdyż organizm stale dąży do równowagi hemodynamicznej. Czas spłacania długu trwa od momentu jego wystąpienia do chwili powrotu parametrów fizjologicznych do stanu równowagi. Nosi on nazwę czasu restytucji, czyli odnowy. Zbyt duże obciążenie związane z pracą powyżej progu maksymalnego poboru O_2 może prowadzić do znacznego wyczerpania organizmu, a w skrajnych przypadkach, do śmierci włącznie.

Wysiłkowy wzrost wentylacji płuc jest wynikiem zarówno głębokości oddechów (przy małych wysiłkach), jak i ich częstości (duże wysiłki). Wprost proporcjonalna zależność wentylacji płuc od intensywności, utrzymuje się jedynie do 70% obciążenia maksymalnego. Wartość ta zależna jest od stopnia wytrenowania, płci i grupy mięśniowej wykonującej pracę.

Chemiczna regulacja oddychania związana jest z ciśnieniem: dwutlenku węgla (pCO_2) i tlenu (pO_2). Czynnikiem regulującym intensywność oddychania jest stężenie jonów wodorowych oznaczone przez pH. W sytuacjach prawidłowych, stężenie to wynosi $pH=7$. Występuje wówczas równowaga stężeń: CO_2 i $NaHCO_3$. Stałą kontrolę tych stężeń w organizmie prowadzi tzw. system buforowy. I tak np. w przyp.:

- wstrzymania oddechu, kiedy wzrasta stężenie $NaHCO_2$ i występuje niedobór O_2 , powoduje on zablokowanie naszej woli,
- głębokiego oddechu, kiedy spada stężenie CO_2 , a wzrasta O_2 , również blokuje naszą wolę.
- przebywania w klimacie z niedoborem O_2 , kiedy następuje wzrost $NaHCO_2$, przy długotrwałym stanie zachwiania wartości pH, następuje w szpiku kostnym wzmożona produkcja hemoglobiny (czerwone ciała krwi), która jest nośnikiem O_2 . Następuje to jednak z pewnym przesunięciem czasowym trwającym zwykle od 2 do 4 tygodni.

Z zachwianiem równowagi hemodynamicznej ustroju wiążą się następujące reakcje obronne organizmu:

- przy niedoborze O_2 : wyraźne zaburzenia ośrodkowego układu nerwowego: zachwianie koordynacji ruchów, drżenie mięśniowe, drgawki, wzmożony oddech, silne wydzielanie potu, wzrost temperatury ciała, utrata przytomności, spadek wydajności pracy,
- przy nadmiarze O_2 : do 60% - nie jest szkodliwy, powyżej - powoduje podrażnienie dróg oddechowych, nieżyt śluzówki i kaszel,
- przy nadmiarze CO_2 : obciążenie ośrodkowego układu nerwowego i mięśni oddechowych, zawroty głowy, utrata przytomności (przy dużych stężeniach), spadek wydajności pracy.

Układ mięśniowy

Własnością tkanki mięśniowej jest zdolność kurczenia się. Mechanizm skurczu mięśnia związany jest ze zmianami chemicznymi: polaryzacją i depolaryzacją jonów wapniowych i sodowych poprzedzających skurcz. Po nim następuje jego rozkurcz. Rozróżnia się 3 rodzaje skurczów:

- izotoniczny, w czasie którego mięsień ulega skróceniu bez zmiany jego napięcia,
- izometryczny, charakteryzujący się wzrostem napięcia mięśnia bez zmiany jego długości,
- auksotoniczny - jednoczesne zbliżanie przyczepów mięśnia i wzrost napięcia.

Mięsień nie rozciągnięty kurczy się z małą siłą. W miarę rozciągania mięśnia, skurcze stają się coraz silniejsze, aż do optymalnego, kiedy siła skurczu jest maksymalna. Słabe bodźce działają jedynie tylko na część komórek mięśniowych. Dopiero skurcz maksymalny jest w stanie pobudzić wszystkie.

Źródłem energii pracy mięśni jest proces spalania składników odżywczych (fosfokreatyny, glikogenu mięśniowego, glukozy z krwi i wolnych kwasów tłuszczowych) aż do końcowych postaci, tj. wody i CO₂. O stopniu wykorzystania składników odżywczych decyduje: ich skład, intensywność i czas trwania wysiłku, stopień wytrenowania oraz stan zdrowotny organizmu. W trakcie spoczynku, jako źródło energii, mięśnie wykorzystują prawie wyłącznie tłuszcze. Glukoza z krwi jest wykorzystywana wówczas głównie przez układ nerwowy. Podczas wysiłku wydatek energetyczny (WE) jest pokrywany w znacznej mierze przez metabolizm węglowodanów i wolnych kwasów tłuszczowych. Przy bardzo intensywnych wysiłkach, głównym źródłem energii jest glikogen mięśniowy. Zasoby węglowodanów stanowią: glikogen mięśniowy i wątrobowy, glukoza osocza krwi oraz syntetyzowana w wątrobie z mleczanu i innych kwasów. W zależności od rodzaju wykonywanej pracy mogą występować procesy spalania tlenowego i beztlenowego. W przypadku szybko narastającego wysiłku fizycznego, dostarczenie tlenu do komórek mięśniowych nie nadąża za zapotrzebowaniem. Ma miejsce wówczas spalanie beztlenowe, które w porównaniu z fazą tlenową jest znacznie ograniczone, ze względu na spadek pH, w skutek gromadzenia się w komórce mleczanów. W komórce mięśniowej energia wytworzona ze spalania glukozy jest w 20-25% wykorzystana na pracę mechaniczną związaną ze skracaniem mięśnia. Reszta zamieniana jest na energię cieplną. Całkowita energia cieplna powstająca w komórce mięśniowej jest wynikiem zarówno spoczynkowego (PPM) jak i wysiłkowego (WPM) metabolizmu wewnątrzkomórkowego.

W przypadku wyczerpania się rezerw w mięśniu, glukoza dostarczana jest (przez krwiobieg) z wątroby, gdzie kwas mlekowy jest ponownie w nią syntetyzowany. Nadmierne nagromadzenie kwasu mlekowego w mięśniu powstaje nie tylko przy niedostatku O₂ podczas spalania glukozy, ale także w wyniku małego krążenia krwi, co ma miejsce podczas pracy statycznej. Nato-miast praca dynamiczna ożywia to krążenie. Produkty uboczne metabolizmu jednej grupy komórek mogą zatem być wykorzystywane jako substrakty energetyczne przez inną grupę komórek lub narząd.

TABELA 11.3.

Granice zmian niektórych parametrów fizjologicznych człowieka pod wpływem wysiłku

<i>Parametry fizjologiczne</i>	<i>Stan czynnościowy</i>	
	<i>spoczynek</i>	<i>Praca</i>
<i>częstość oddechu</i>	14 /min	40 /min
<i>głębokość oddechu</i>	8 l/min	100 l/min
<i>zużycie tlenu</i>	300 ml	2500 ml
<i>częstość skurczów serca</i>	70 /min	150 /min
<i>skurczowe ciśnienie krwi</i>	20 mm Hg	200 mm Hg
<i>rozkurczowe ciśnienie krwi</i>	80 mm Hg	bz, lub spadek
<i>ilość O₂ w litrze krwi</i>	150 ml	30 ml
<i>objętość minutowa serca</i>	4-5 l	35 l

TABELA 11.4.

Dynamika zmian parametrów fizjologicznych człowieka obciążonego Pracą fizyczną zróżnicowana na skutek jego stopnia wydolności

<i>Parametr fizjologiczny</i>	<i>Dynamika zmian w zależności od wydolności organizmu</i>	
	<i>mała</i>	<i>duża</i>
<i>Częstość tętna w czasie pracy</i>	<i>wyższa</i>	<i>niższa</i>
<i>Restytucja f tętna po pracy</i>	<i>wolniejsza</i>	<i>szybsza</i>
<i>Max f tętna podczas pracy</i>	<i>wyższa</i>	<i>niższa</i>
<i>Czas pracy do wyczerpania</i>	<i>krótszy</i>	<i>dłuższy</i>
<i>Pobór tlenu</i>	<i>wyższy</i>	<i>niższy</i>
<i>Max. pobór tlenu</i>	<i>niższy</i>	<i>wyższy</i>
<i>Objętość skurczowa serca</i>	<i>mniejsza</i>	<i>większa</i>
<i>Ciśnienie tętnicze skurczowe</i>	<i>wyższe</i>	<i>niższe</i>
<i>Restytucja p tętniczego</i>	<i>wolniejsza</i>	<i>szybsza</i>

SYSTEM INFORMACYJNY CZŁOWIEKA

Właściwości żywych organizmów oparte są na:

- prawie przemiany materii i energii,
- umiejętności selekcji najważniejszych informacji spośród niezliczonej ich liczby, stale docierającej z otoczenia,
- reakcji organizmu na wyselekcjonowane bodźce w sposób optymalny dla jego potrzeb,
- zdolności zapamiętywania, uczenia się, opartej na odpowiednio przetworzonych, napływających informacjach,
- zdolności do regeneracji i kompensacji uszkodzeń ciała,
- zdolności do adaptacji.

Żadna żywa istota nie stanowi całkowicie zamkniętego, autonomicznego systemu. Dla jej istnienia niezbędny jest ciągły, aktywny kontakt ze środowiskiem za pomocą strumienia informacji. Informacje, czyli wiadomości, związane są z jakimś fizycznym nośnikiem i przekazywane od nadawcy do odbiorcy, wywołując u niego określoną reakcję. Działając na człowieka, informacja podlega:

- odbiorowi,
- przetwarzaniu (transformacja pierwotnego, oryginalnego sygnału na szereg, następujących po sobie zmian),
- zapamiętaniu (pozostawienie po sobie śladów w pamięci),
- przenoszeniu.

Zbieranie informacji u człowieka odbywa się przy pomocy receptorów. Są to wyspecjalizowane komórki nerwowe, które stanowią pierwsze piętro hierarchicznego systemu nerwowego biorącego w tym procesie udział. Pobudzenie receptorów wywołuje przewodzenie impulsów do ośrodków czuciowych, gdzie powstają wrażenia zmysłowe. Można wyróżnić w nich wrażenia typu prostego i złożone. Proste wrażenie zmysłowe polega na subiektywnej ocenie bodźców pobudzających odpowiednie receptory i nosi nazwę czucia. Pojęciem wyższego rzędu jest percepcja. Jest to złożone wrażenie zmysłowe, obejmujące jednocześnie kilka rodzajów czucia, dzięki czemu pozwala ściślej rozpoznać zarówno bodziec jak i źródło go emitujące. Warunkiem odbierania wrażeń zmysłowych jest jednoczesne przewodzenie impulsacji czuciowej przez drogi czuciowe swoiste i nieswoiste. Drogi swoiste przewodzą impulsy w czasie snu (fizjologicznego, narkozy). Zahamowane są wówczas drogi nieswoiste. Po uszkodzeniu dróg swoistych, a nie naruszeniu - nieswoistych, wrażenia zmysłowe są odbierane, ale nie rozpoznawane.

Mechanizm spostrzegania oparty jest na procesach psychologicznych i systemie połączeń nerwowych. Jest bardzo skomplikowany, polega nie tylko na stałym rozpoznawaniu i dopasowywaniu dostarczanego z zewnątrz sygnału do wzorca przechowywanego w pamięci, ale także na innym, bardziej elastycznym systemie. Technika porównywania ze wzorcem poprzedzona jest procesem przekształcenia tych sygnałów. Znaczną rolę odgrywa czas potrzebny na interpretację prezentowanego sygnału. Świadomość ma wpływ na jego wartość. Proces interpretacji zależy od: stopnia trudności (niepełne informacje), możliwości konkurencyjnej sygnału (wieloznaczność przyczyną złudzeń), wpływu poprzednich doświadczeń. Każda informacja musi być zintegrowana w spójną interpretację całego obrazu (nic nie spostrzegamy w izolacji).

Człowiek może odbierać informacje zarówno o otoczeniu jak i o swym wnętrzu. Wspecjalizowały się w jego organizmie specyficzne struktury biologiczne tzw. receptory:

- telereceptory, które wyłapują bodźce z otoczenia dalszego (narząd powonienia, wzroku i słuchu),
- eksteroreceptory, przekazują informacje z otoczenia bliskiego (czucie dotyku, ucisku, ciepła, zimna, bólu i smaku),
- proprioceptory, które wysyłają informacje o stanie układu kostno-stawowo-mięśniowym oraz ruchu całego ciała i jego części,
- interoceptory, które dostarczają informacji o wnętrzu organizmu.

Informacja zawarta w potencjale generującym zostaje zakodowana w receptorze w postaci potencjału czynnościowego, czyli serii krótkotrwałych impulsów o stałej amplitudzie, niezależnej od wartości potencjału generującego. Impuls nerwowy jest to nagła, chemiczna zmiana potencjału błony komórkowej (zakłócenie stanu spoczynkowego). Właśnie to zakłócenie, a nie ładunki elektryczne, jest przewodzone poprzez drogi nerwowe. Nośnikiem informacji jest częstość impulsów. W obrębie receptorów oraz innych komórek nerwowych zachodzi też proces przetwarzania informacji, podczas którego ulega zmianie jej ilość. Proces ten może przyjąć różne formy:

1. analogowy, kiedy wartość potencjału generującego jest proporcjonalna do logarytmu intensywności bodźca (ciągły wzrost w czasie, w miarę wzrostu siły bodźca),
2. analogowo-cyfrowy (dyskretyzacja sygnału) - informacja jest zakodowana w postaci częstotliwości impulsów, a nie amplitudy, proporcjonalnie do wartości potencjału generowanego.

Przetwarzanie, a następnie przenoszenie informacji odbywa się w sposób:

- ciągły (w tzw. otoczce mielinowej, gdzie prędkość przewodzenia jest proporcjonalna do średnicy włókna nerwowego),
- skokowy (w tzw. przewężeniach Ranviera - impuls powstaje na nowo na każdym przewężeniu, a jego prędkość przewodzenia $v \propto d$).

Przenoszenie informacji odbywa się w kanale informacyjnym, rolę którego pełni włókno nerwowe. W trakcie tego procesu, niezależnie od długości pokonywanej drogi, informacja o sile bodźca, zakodowana w postaci częstości impulsów nie ulega zmianie. Maksymalna zdolność przenoszenia informacji we włóknie nerwowym (przepustowość kanału) jest ograniczona, nie przekracza kilkuset impulsów /sek. Zwiększenie jej ilości możliwe jest jedynie przez zwiększenie liczby kanałów. Maksymalna ilość informacji docierająca do zmysłów człowieka osiąga wartość 10 bit /sek. System nerwowy człowieka w znacznym stopniu blokuje strumień informacji i selektywnie wybiera ważne, eliminując nadmiar nieistotnych. Podczas blokowania, nadmiar informacji jest wykorzystywany do uruchomienia mechanizmów hamujących, które utrudniają jej dopływ do wyższych pięt. Człowiek na zewnątrz może przekazać 10 bitów /sek. informacji. Jest to o około 100 tys. razy mniej niż ilość odebranych świadomie. Różnica wynika z możliwości zmagazynowania jej w pamięci. Maksymalna zdolność krótkotrwałego zapamiętywania informacji wynosi około 20 bitów /sek., a trwałego - ~ 1 bita /sek.

Zależność pomiędzy wejściem (Wej) a wyjściem (Wyj) nosi nazwę funkcji przenoszenia, która może mieć następujące charakterystyki:

- statyczną, kiedy przebieg zmian sygnałów na Wej. jest na tyle wolny, aby proces na Wyj mógł się ustalić, po każdej zmianie,
- dynamiczną, kiedy procesy przejściowe zależą od gromadzenia i oddawania energii w układzie rzędu:
 - I-go, typu RC np. przy nagrzewaniu się ciała,
 - II-go, typu RLC; lub w przypadkach bardziej złożonych, kiedy może być superpozycją obu przypadków.

Czas obiegu informacji od receptora do efektora, czyli organu wykonawczego kształtuje się od 0.07 do 0.12 sek. Wartość ta uważana jest za bio-logiczną jednostkę czasu, co odpowiada właściwej reakcji człowieka.

Przez pojęcie organizm rozumiana jest organizacja, zapewniająca harmonijne działanie całości, a nie tylko zbioru komórek. Tworzą go: układy, narządy i systemy. W procesie informacyjnym żywego organizmu bierze udział system:

- A. **immunologiczny** - którego rola polega na wykrywaniu i niszczeniu obcych komórek,
- B. **hormonalny** - nie ma ustalonego nadawcy i nie ma ustalonego odbiorcy, transmisja informacji, której nośnikami są hormony, jest długa, skutki długotrwałe (porównywany do transmisji TV).
- C. **nerwowy** - którego funkcją jest przekazywanie informacji w sposób ściśle adresowany o szybkiej transmisji i krótkotrwałych skutkach (porównywany do łączności telefonicznej).

Systemy te pełnią rolę centralnego koordynatora poszczególnych narządów, układów ,a także pojedynczych komórek.

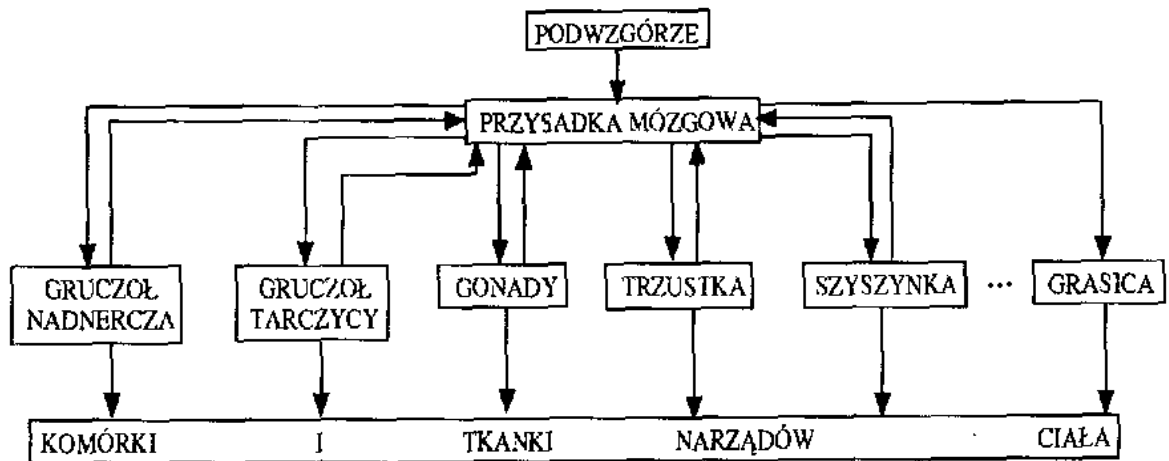
System immunologiczny człowieka

Jest to system ważny dla życia człowieka. W strukturze swej jest bardzo złożony i rozbudowany. Służy do przekazywania i wykorzystania informacji immunologicznej. Jego zadaniem jest wykrywanie, niszczenie obcych komórek i substancji naruszających ustalony wzorec komórek własnych oraz wprowadzanie do pamięci informacji o tym. Dysponuje on siecią "informatorów" identyfikujących obce ciała i siecią łączności, poprzez którą przekazywane są ustalenia informatorów do centrum informacyjnego.

W wyniku tych operacji zostają zmobilizowane centra odpornościowe. System immunologiczny prowadzi także rejestrację "intruzów". Zapisywane są wzorce antygenowe, dzięki którym, sprawniej i efektywniej przebiega zwalczanie infekcji, jakich już wcześniej organizm doświadczył. Celem tego systemu jest zatem walka o przeżycie całego organizmu. W warunkach normalnych dla zdrowia, wpływ jego jest nikły. Dużą rolę odgrywa w stanach chorobowych. Ma własne problemy, prawa i zakresy zainteresowań. Jego zasady działania określane są jako tzw. "państwo w państwie".

System hormonalny człowieka

Ogólny poziom aktywności zdrowego organizmu możliwy jest jedynie w ściśle określonych, wąskich granicach. Wymagane są stabilne wartości parametrów wewnętrznych. Zmienne warunki środowiska w jakich przebywa człowiek nie zapewniają tego. Stabilizację i regulację tych parametrów zapewnia system hormonalny (rys. 12.1).



Rys. 12.1. Schemat blokowy systemu hormonalnego człowieka

Jest on odpowiedzialny za stan zwany homeostazą. Odpowiada więc za kontrolowanie, regulowanie i utrzymywanie stałych parametrów biochemiczno-fizycznych ustroju przy zmiennych warunkach zewnętrznych. System ten ma strukturę hierarchiczną. Na każdym poziomie wytwarzane są zarówno hormony pośrednie, sterujące wydzielaniem na niższym poziomie, jak i substancje będące hormonami ostatecznymi, oddziałującymi na wyspecjalizowane komórki określonych narządów. Najwyższe piętro w tym sterowaniu zajmuje podwzgórze, skąd poprzez przysadkę mózgową są przesyłane informacje do poszczególnych gruczołów, a stamtąd do wszystkich komórek i tkanek całego ciała. Droga przesyłania rozkazów nie jest identyczna dla wszystkich gruczołów. W niektórych przypadkach jest jednokierunkowa, w innych występuje sprzężenie zwrotne. Wówczas proces ten podlega stałej kontroli i informacji o stanie aktualnym funkcjonowania narządu oraz stwarza możliwości ciągłej korekty dążącej do wartości żądanej. Zasada działania systemu hormonalnego porównywana jest do transmisji telewizyjnej: nie ma ustalonego ani odbiorcy, ani nadawcy. Transmisja odbywa się w długim czasie i skutki jej są długotrwałe. Tabela 12.1. zawiera typowe funkcje niektórych gruczołów dokrewnych.

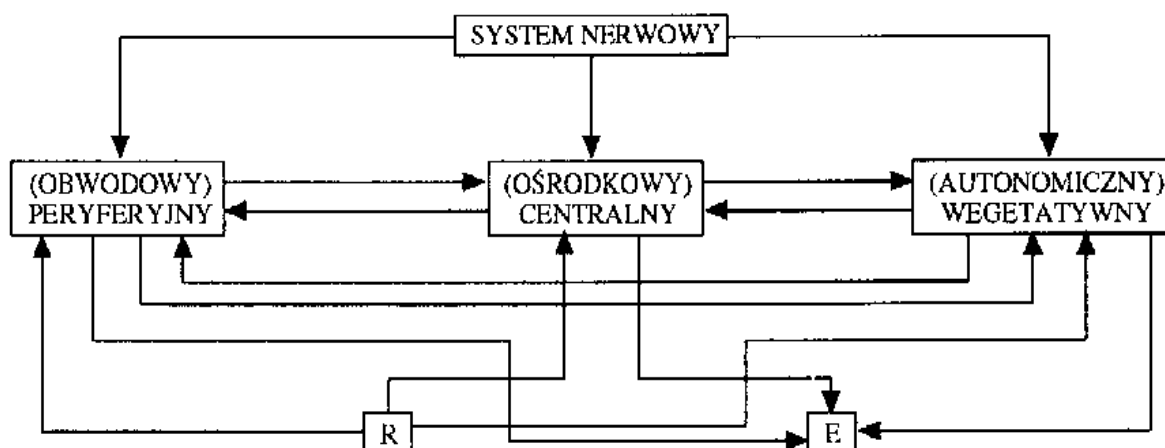
Typowe funkcje systemu hormonalnego realizowane przez niektóre jego elementy składowe

<i>Nazwa - gruczoł</i>	<i>Pełnione funkcje</i>
<i>nadnercza</i>	<i>zawiaduje gospodarką energetyczną organizmu</i>
<i>tarczyca</i>	<i>odpowiada za jego ogólny rozwój i poziom aktywności, tzw. stresy *</i> <i>reguluje metabolizm, obniża zawartość Ca^{2+} we krwi</i> <i>przeciwdziała odwapnieniu kości</i>
<i>przYTarczycy</i>	<i>powoduje wzrost Ca^{2+}, odwapnia kości</i>
<i>trzustki</i>	<i>wytwarza i stabilizuje wydzielanie insuliny,</i>
<i>szyszynki</i>	<i>reguluje ośrodki snu i czuwania (tzw. 3-cie oko),</i>
<i>grasicy</i>	<i>szczególnie aktywny w okresie rozwoju,</i> <i>odpowiada grasicy za odporność organizmu,</i>

**) Przez stres rozumiany jest stan aktywny organizmu, natomiast stan zmian w organizmie pod wpływem czynnika zewnętrznego (zagrożenie), czyli wpływ stresu nazywany jest strain-em.*

System nerwowy człowieka

System nerwowy człowieka panuje nad mechanicznymi i chemicznymi czynnikami integrującymi funkcjonowanie organizmu. Własności i funkcje pod-systemów nerwowych są wyraźnie rozdzielone. Można w nim wyróżnić trzy podsystemy (rys. 12.2.): ośrodkowy zwany centralnym, obwodowy zwany peryferyjnym oraz autonomiczny zwany wegetatywnym.



Rys. 12.2. Schemat blokowy systemu nerwowego człowieka

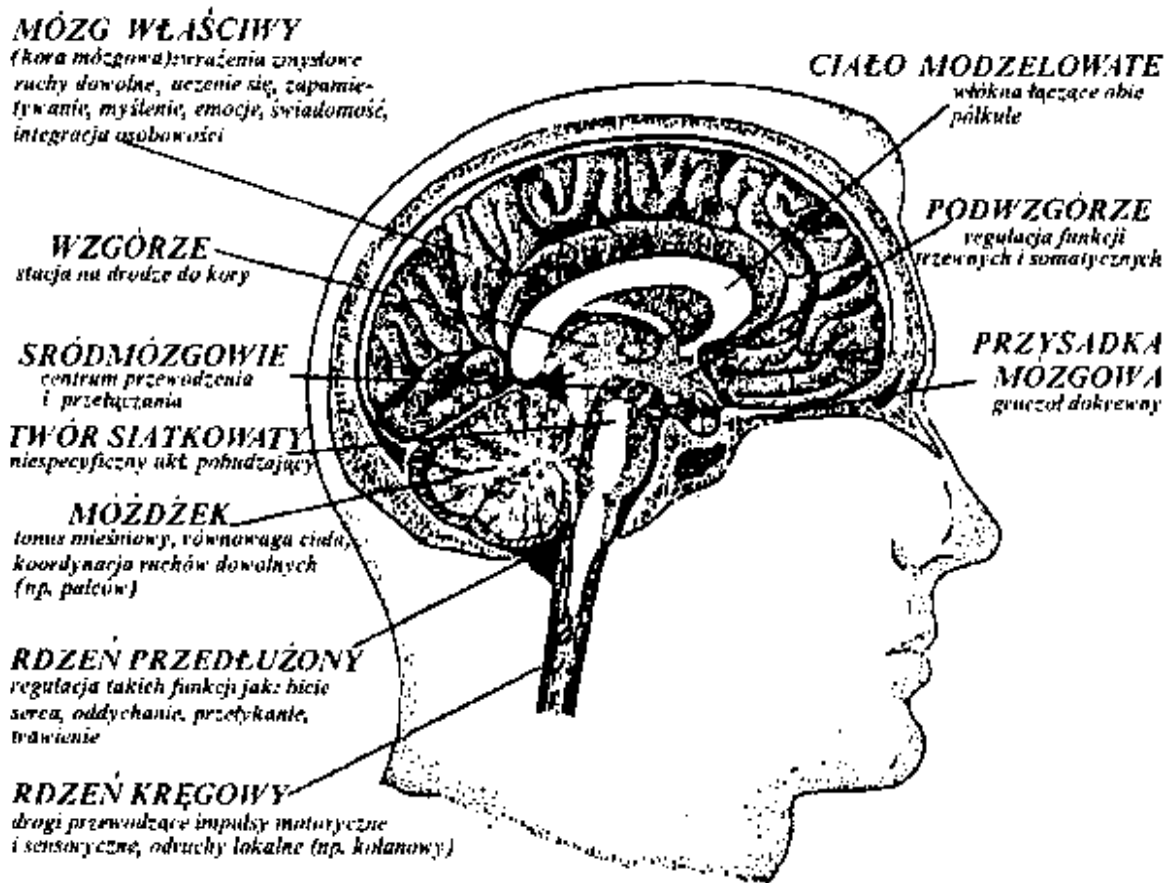
Ośrodkowy system nerwowy

Mózg i rdzeń stanowi jego lokalizację. Jest on masywnym skupiskiem komórek nerwowych (tzw. masa szara) tworzących złożone węzły, sieci i jądra (tzw. masa biała), gdzie następuje przekazywanie sygnałów pomiędzy komórkami. Ośrodkowy system nerwowy ma do spełnienia następujące funkcje:

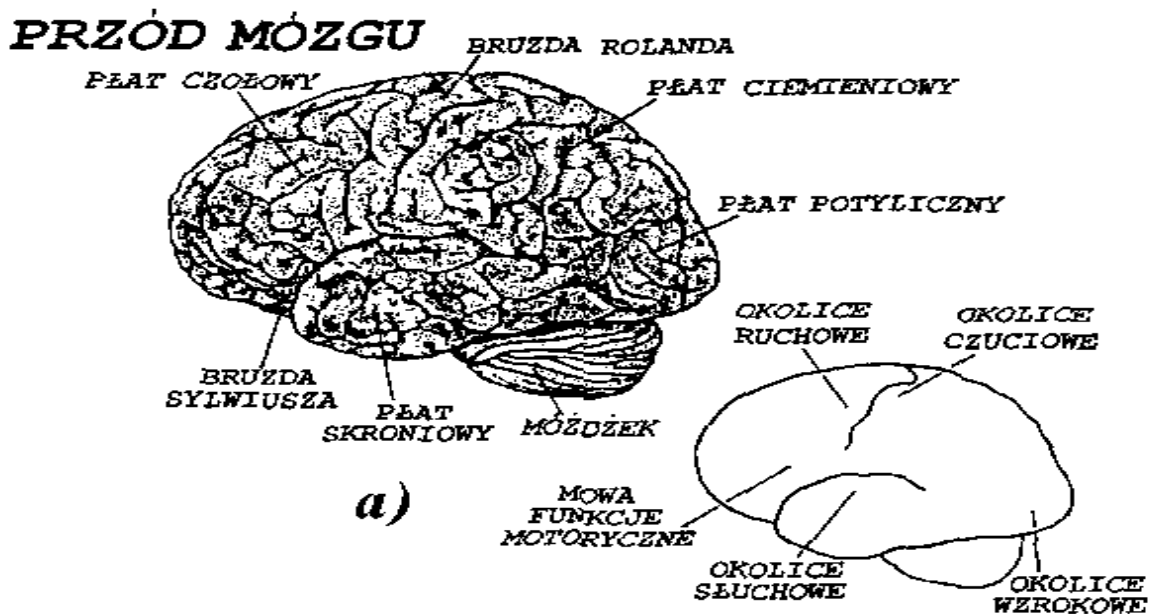
- percepcyjną, czyli analiza odbieranych wrażeń zmysłowych,
- motoryczną, czyli formowanie sygnałów sterujących dla mięśni realizujących dowolne ruchy,
- asocjacyjną, czyli kojarzenie i integracja różnych informacji,
- regulacyjną, czyli nadzór nad stabilizacją parametrów organizmu i funkcjonowaniem narządów wewnętrznych,
- wyższych czynności psychicznych (myślenie, łącznie z abstrakcyjnym, pamięć, świadomość, kojarzenie i podejmowanie decyzji, formowanie pojęć, emocje, zdolności antycypacji, czyli wyprzedzania).

W większości przypadków, lewa i prawa strona ośrodkowego systemu nerwowego pełni funkcje identyczne np: czynności ruchowe zlokalizowane są w przednich partiach mózgowia i rdzenia, a czuciowe - z tyłu.

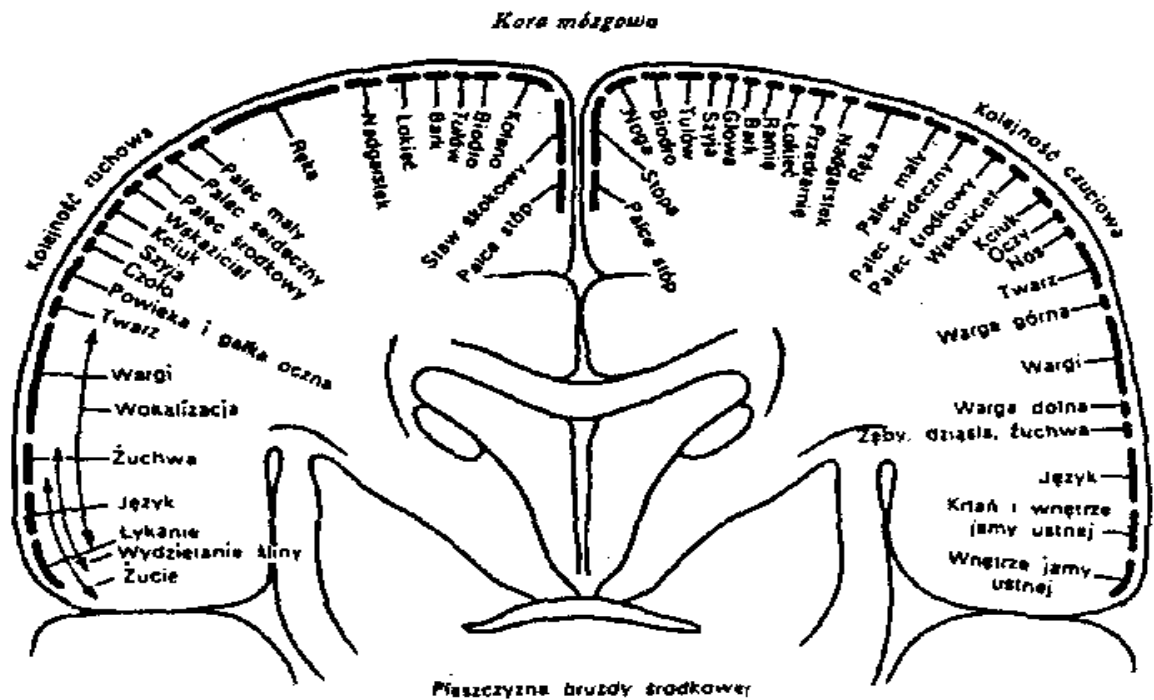
[Rysunek 12.3.](#) przedstawia w sposób schematyczny główne części ośrodkowego systemu nerwowego człowieka wraz z ich funkcjami, [rys. 12.4.](#) - lokalizację funkcji w korze mózgowej, a [rys. 12.5.](#) - lokalizację funkcji w okolicach ruchowej i czuciowej.



Rys. 12.3. Główne części ośrodkowego układu nerwowego człowieka wraz z ich funkcjami



Rys. 12.4. Rozmieszczenie płątów w półkuli mózgowej (a), oraz lokalizacja w niej różnych funkcji (b)

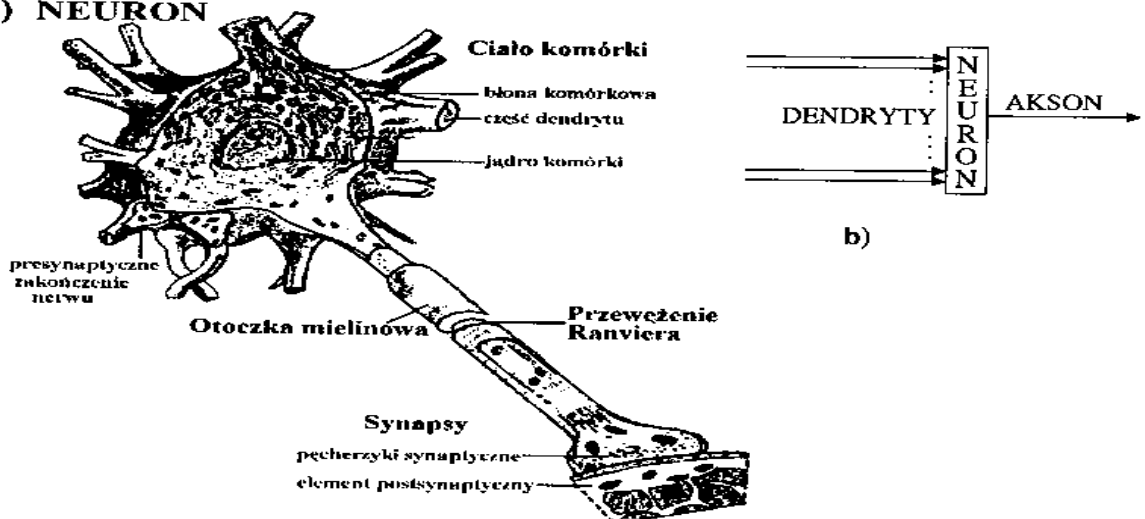


Rys. 12.5. Lokalizacja funkcji ruchowych i czynnościowych w półkuli mózgowej

Część elementarną tego systemu stanowi komórka nerwowa. Pod względem strukturalnym różni się ona od innych komórek. Najważniejsze elementy strukturalne komórki nerwowej (neuronu) przedstawione są na [rys. 12.6.](#)

12.6.

a) NEURON



Rys. 12.6. Elementy strukturalne komórki nerwowej:

a) obraz rzeczywisty,

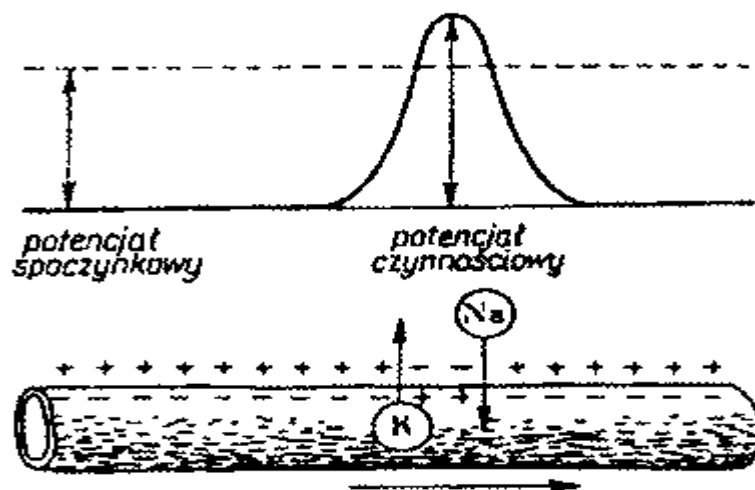
b) ujęcie blokowe

Jądro kieruje wszystkimi funkcjami komórki. Wypustki komórki nerwowej stanowią dendryty i zawsze tylko jeden akson. Dendryty wprowadzają informacje do ciała komórki (somy). Może ich być nieograniczona ilość. Akson - wyprowadza sygnały z komórki na zewnątrz do odbiorników (inny neuron lub efektor), jest głównym rejonem przewodzenia. W komórce nerwowej można wyróżnić następujące strefy czynnościowe:

- wejście (dendryty i częściowo soma),
- inicjacja impulsów (początkowy odcinek aksonu),
- przewodzenie impulsów (akson),
- wyjście (zakończenie aksonu).

Charakter sygnałów wejściowych i wyjściowych jest identyczny.

Neuron składa się z substancji organicznych i wodnych roztworów soli o małej zawartości sodu (Na) i dużej potasu (K). Otaczające go środowisko ma co prawda ten sam skład chemiczny, ale o odwrotnej proporcji. Podstawowa zasada przyrody opiera się na równowadze chemicznej. Dynamika neuronu wynika z różnicy koncentracji substancji chemicznych wewnętrznych i zewnętrznych. Sód z otoczenia dyfunduje do wnętrza neuronu, a potas - w stronę przeciwną. Znajdujące się w roztworze wodnym komórki, chlorki Na i K są częściowo zjonizowane. Wskutek jonizacji, atomy te i atomy chloru zawierają ładunki elektryczne ([rys. 12.7.](#)).



Rys. 12.7. Geneza impulsu we włóknie nerwowym

Wnętrze komórki jest spolaryzowane w stosunku do środowiska zewnętrznego. W wyniku dyfuzji powstaje różnica potencjału między środowiskiem zewnętrznym i wewnętrznym. Impuls przekazywany jest tylko w jedną stronę, ponieważ obszar, skąd przyszło pobudzenie, jest nie wrażliwy przez pewien czas, zwany czasem refrakcji. Jest on potrzebny na odtworzenie substancji chemicznych, biorących udział w reakcji. Przesuwające się wzdłuż włókna nerwowego impulsy elektryczne są przejawem zmian znaków ładunków jonowych. Są to sygnały natury elektrycznej lub chemicznej o

charakterze impulsów, nie zmieniające swej wartości z odległością przekazu. Neuron ma zdolność do generowania i przewodzenia potencjałów elektrycznych na swej błonie. W chwili pobudzenia komórki, jej potencjał spoczynkowy zamienia się na czynnościowy. Prędkość przewodzenia impulsów wzdłuż włókien nerwowych zależy od ich średnicy i sposobu przewodzenia (skokowy, jednostajny). W systemie nerwowym występuje ciągłość czynnościowa, ale nie ma ciągłości strukturalnej. Poszczególne komórki nerwowe nie są ze sobą zespolone, a jedynie nie bezpośrednio stykają się ze sobą. Obszar styku nosi nazwę synapsy. W jego obrębie dochodzi do zmiany: nośnika z elektrycznego na chemiczny i WYJŚCIA na WEJŚCIE, które różni się znakiem ("+" oznacza działanie pobudzające, "-" - hamujące) i wagą (impulsy ważniejsze i mniej ważne). Jest to kolejna zmiana nośnika w systemie nerwowym. Pierwsza zachodzi na błonie recepcyjnej (tzw. potencjał generujący). Wartość potencjału czynnościowego jest stała na całej swej drodze, natomiast generującego zmienia się wraz z wartością bodźca. W większości synaps przewodzenie pobudzenia odbywa się tylko w jednym kierunku. Mają one funkcje zaworowe lub integracyjne dla informacji. Rozchodzenie się impulsów nerwowych jest uwarunkowane procesami chemicznymi (mediatorami) wyzwalanymi przez synapsy i zachodzące w ich obrębie. Impuls elektryczny jest przekazywany jedynie w kierunku od synapsy do neuronu. W odwrotnym kierunku przekaz może nastąpić jedynie na drodze chemicznej.

Obwodowy system nerwowy

Jest systemem komunikacyjnym, przesyła:

- informacje od receptorów (R) poprzez wiązki włókien nerwowych do ośrodkowego systemu nerwowego, gdzie są przetwarzane i analizowane,
- sygnały sterujące (wypracowane w ośrodkowym systemie nerwowym) do efektorów (E).

System ten zlokalizowany jest w:

- 30 nerwach rdzeniowych: 8-szyjnych, 12-piersiowych, 5-lędźwiowych i 5-krzyżowych,
- 12 nerwach czaszkowych, związanych z działaniem systemów percepcyjnych: czucie, ruchy głowy i mimiczne twarzy, artykulacja mowy itp.

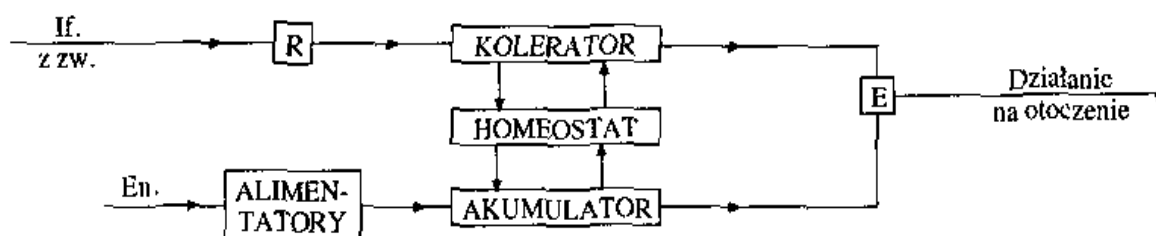
W obwodowym systemie nerwowym można wyróżnić nerwy:

- aferentne, gdzie przesyłanie informacji odbywa się od R do ośrodkowego systemu nerwowego,
- eferentne, gdzie przesyłanie informacji przebiega od ośrodkowego systemu nerwowego do E,
- obwodowe, gdzie przebieg informacji odbywa się od E do R.

Miejsca, gdzie nerwy rdzeniowe łączą się ze sobą noszą nazwę splotów.

Autonomiczny system nerwowy

Nie tworzy on wyraźnie wydzielonych ośrodków (skupisk). Stanowi twór luźno utkany. Zlokalizowany jest zarówno w ośrodkowym jak i obwodowym systemie nerwowym. Składa się ze: zwojów, splotów i wypustek. nazwę swą zawdzięcza roli jaką pełni. Z jednej strony jest odpowiedzialny za równowagę funkcjonalną organizmu (samoregulujących się), a z drugiej - posiada zdolność sterowania, jak również możliwość przeciwdziałania tym zdolnościom. Pełni też rolę regulatora procesów wegetatywnych, zachodzących w narządach wewnętrznych, nie kontrolowanych przez świadomość. Wg języka komputerowego realizuje ideę przetwarzania rozproszonego.



KORELATOR	- przetwarzanie i przechowywanie informacji
AKUMULATOR	- przetwarzanie i przechowywanie energii
HOMEOSTAT	- stabilizator zapewniający równowagę funkcjonalną organizmu
ALIMENTATORY	- zsilanie organizmu człowieka
R	- receptory
E	- efekторы

Rys. 12.8. Schemat blokowy systemu autonomicznego

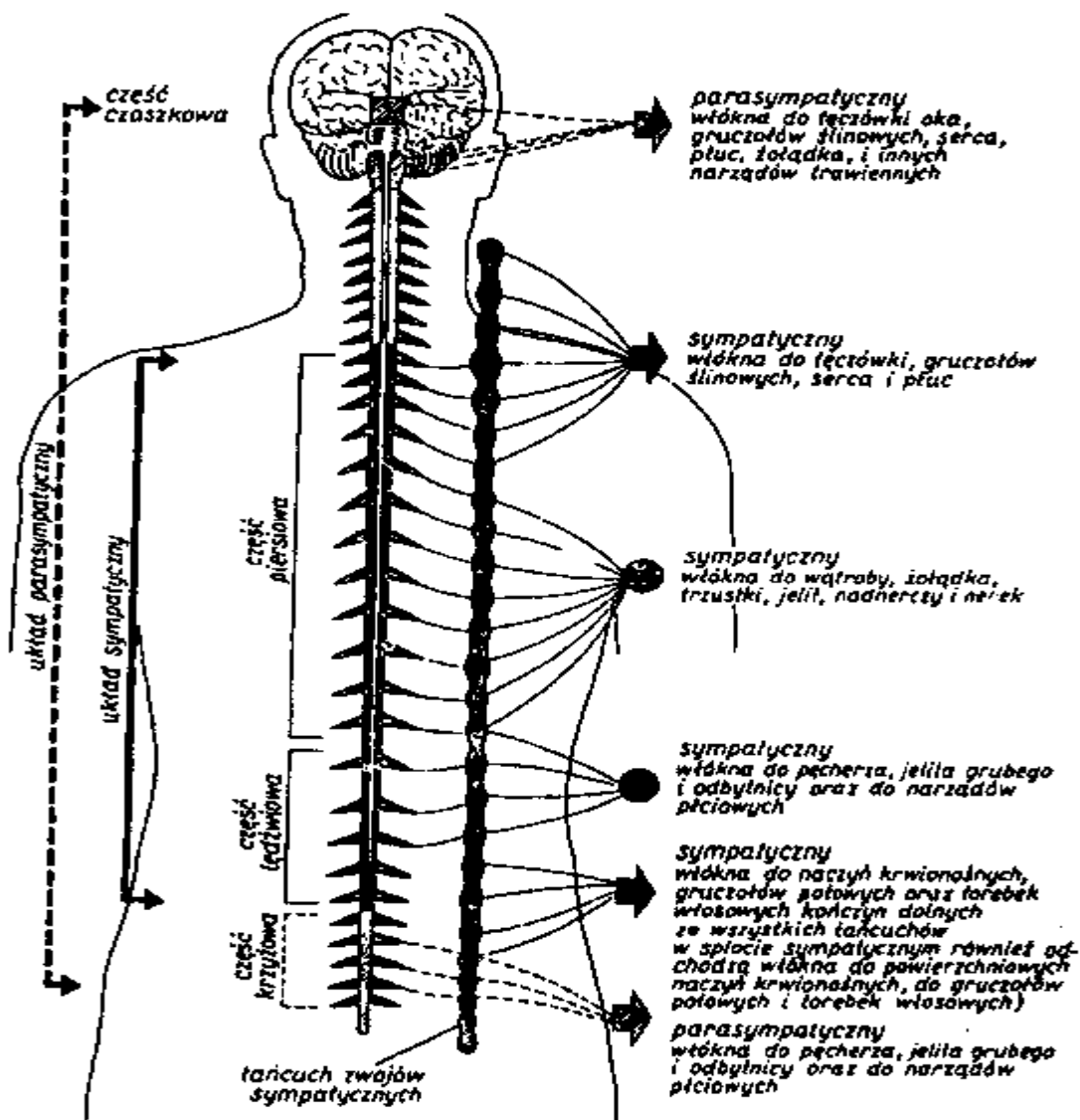
System autonomiczny (wegetatywny) zawiera w sobie dwie przeciwstawne w działaniu części: sympatyczną (współczulny) i parasympatyczną (przywspółczulny). Część współczulna działa jako całość, jest pobudzana przy różnorodnych obciążeniach emocjonalnych, stwarzając stan pogotowia, natomiast część przywspółczulna działa w sposób raczej fragmentaryczny, podczas stanu odprężenia organizmu. Autonomiczny system nerwowy nie prowadzi z poziomu naszej świadomości "świadomej" kontroli procesów sterowania, regulacji i stabilizacji środowiska organizmu. [Rys. 12.9.](#) i [tablica.12.2.](#) przedstawiają przykładowe funkcje tego układu.

- **Podwzgórze** - wytwarza hormony uwalniające lub hamujące, które decydują o działalności innych gruczołów wydzielania wewnętrznego.
- **Przysadka mózgowa** - jest to centralny dysponent hormonalny w organizmie człowieka, steruje wydzielaniem hormonów, które mają bezpośredni wpływ na komórki somatyczne ciała (wszystkie z wyjątkiem rozrodczych).

Tabela 12.2.

Funkcje systemu autonomicznego realizowane przez poszczególne narządy

Narząd	Funkcje układu	
	sympatycznego	parasympatycznego
Serce	Przyspieszenie akcji	Zwolnienie akcji
Źrenica	Rozszerzenie	Zwężenie
Wątroba	Uwalnianie cukru	Wstrzymanie
Gruczoły potowe	Wydzielanie	Brak wydzielania



SYSTEM REGULACJI CZŁOWIEKA

Aktywne trwanie struktur białkowych w żywym organizmie możliwe jest jedynie w bardzo wąskim przedziale parametrów fizycznych. Ich funkcjonowanie wymaga stabilizacji wielu parametrów biochemicznych. Zmienność środowiska, w którym przebywamy, stwarza stałe zagrożenie dla trwałości życia. Zmiany parametrów fizycznych otoczenia wymuszają podporządkowanie wszystkich funkcji życiowych (najprymitywniejsza forma wegetacji). Aby zachować aktywność życiową i zdolność do istnienia w zmiennych warunkach zewnętrznych, organizm musi wytworzyć na własny użytek takie środowisko wewnętrzne, w którym będą funkcjonować prawie wszystkie tkanki i komórki ciała. Utrzymanie takiego stabilnego, unormowanego środowiska wewnętrznego wymaga wytworzenia odpowiednich:

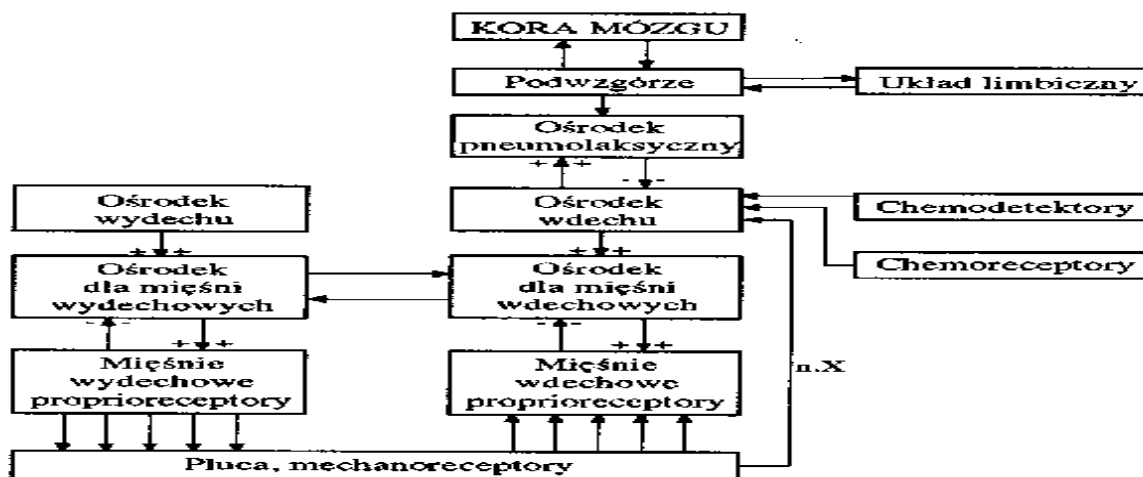
- środków umożliwiających ujednoczenie parametrów środowiska wewnętrznego w obrębie całego organizmu (np. układ krwionośny).
- struktur np. produkujących ciepło lub intensyfikujących jego rozpraszanie.

Warunkiem utrzymania stanu równowagi wewnętrznej jest wytworzenie i sprawne działanie precyzyjnych układów regulacyjnych, które:

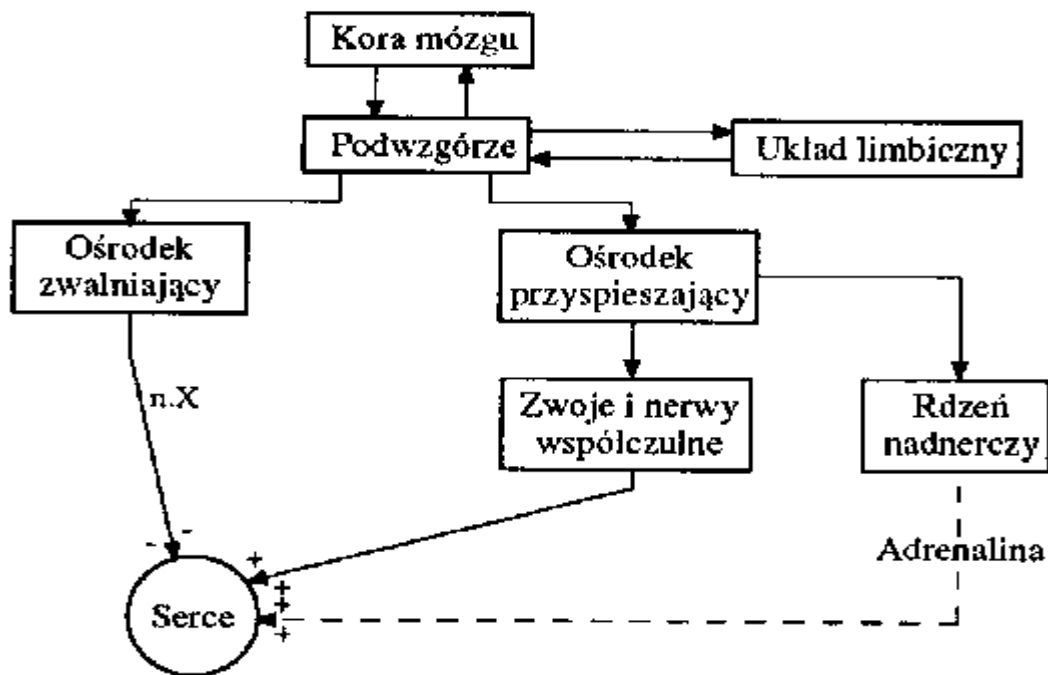
- kontrolują za pomocą wyspecjalizowanych receptorów (R) wszystkie parametry fizjologiczne organizmu, utrzymując je na stałym poziomie,
- wpływają na wytworzenie odpowiednich czynników fizycznych i chemicznych (ciepło, glukoza itp.) za pomocą efektorów (E),
- dokonują niezbędnego przetwarzania informacji, koniecznego do właściwego wypracowania sygnałów sterujących E na podstawie informacji z R.

System hormonalny powstał i rozwinął się jako regulacyjny i stabilizujący parametry wewnętrzne organizmu w warunkach silnej zmienności środowiska zewnętrznego.

Rysunki 13.1. - 13.5. przedstawiają w sposób blokowy niektóre funkcje systemu regulacyjnego człowieka.



Rys. 13.1. Schemat blokowy przebiegu procesu regulacyjnego oddychania człowieka



Rys. 13.2. Regulacja pracy serca w ujęciu blokowym

Funkcję stabilizującą ciepłotę ciała, system ten, realizuje poprzez kierowanie działalnością mechanizmów:

- produkujących ciepło,
- rozpraszających ciepło przy zmiennych warunkach środowiska zewnętrznego.

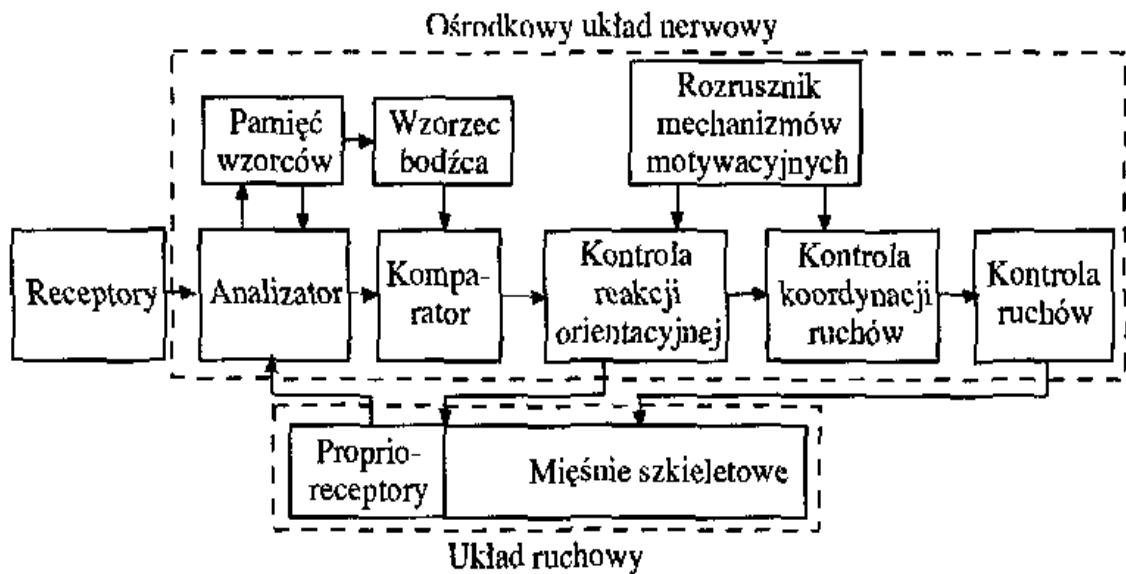
Temperatura krwi przepływającej przez serce ma wartość stałą w pewnym przedziale, oscyluje wokół wartości 37° , a przy powierzchni ciała wokół $36,6^{\circ}$. Położone daleko od środka ciała jego fragmenty mogą ulegać lokalnemu ochłodzeniu lub przegrzaniu. Nieduże wahania temperatury wynikają także z pory dnia:

- najniższa - w czasie snu, we wczesnych godzinach rannych (~ 5),
- najwyższa - wczesny wieczór (od 0.5 do 0.7 stopnia).

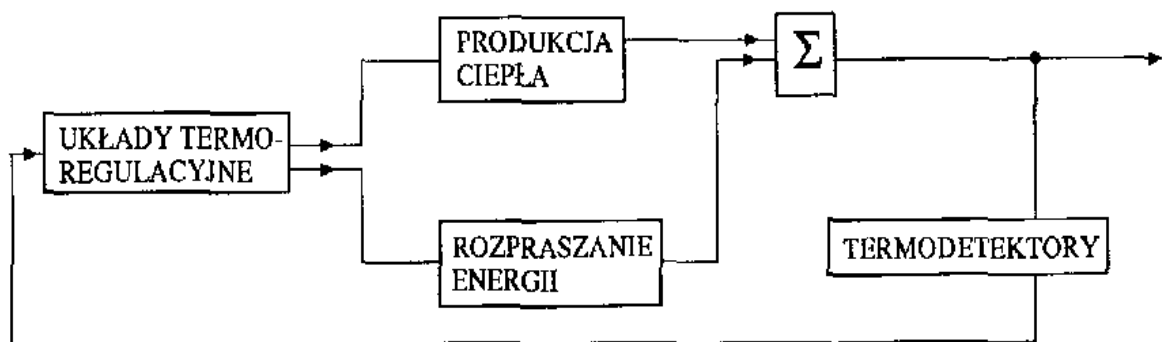
Produkcja ciepła w organizmie człowieka odbywa się:

- podczas podstawowej przemiany materii (PPM), czyli w trakcie całkowitego bezruchu w wyniku spoczynkowej aktywności wszystkich komórek i narządów, niezbędnej do utrzymania organizmu przy życiu,
- w trakcie wysiłku fizycznego (WPM), źródłem ciepła stają się pracujące mięśnie szkieletowe,
- podczas czynności przewodu pokarmowego zw. z trawieniem i wchłanianiem pokarmów.

Podczas tzw. jałowej pracy mięśni, dostarczana jest wówczas jedynie energia cieplna. Ma to miejsce np. w procesach trawiennych.



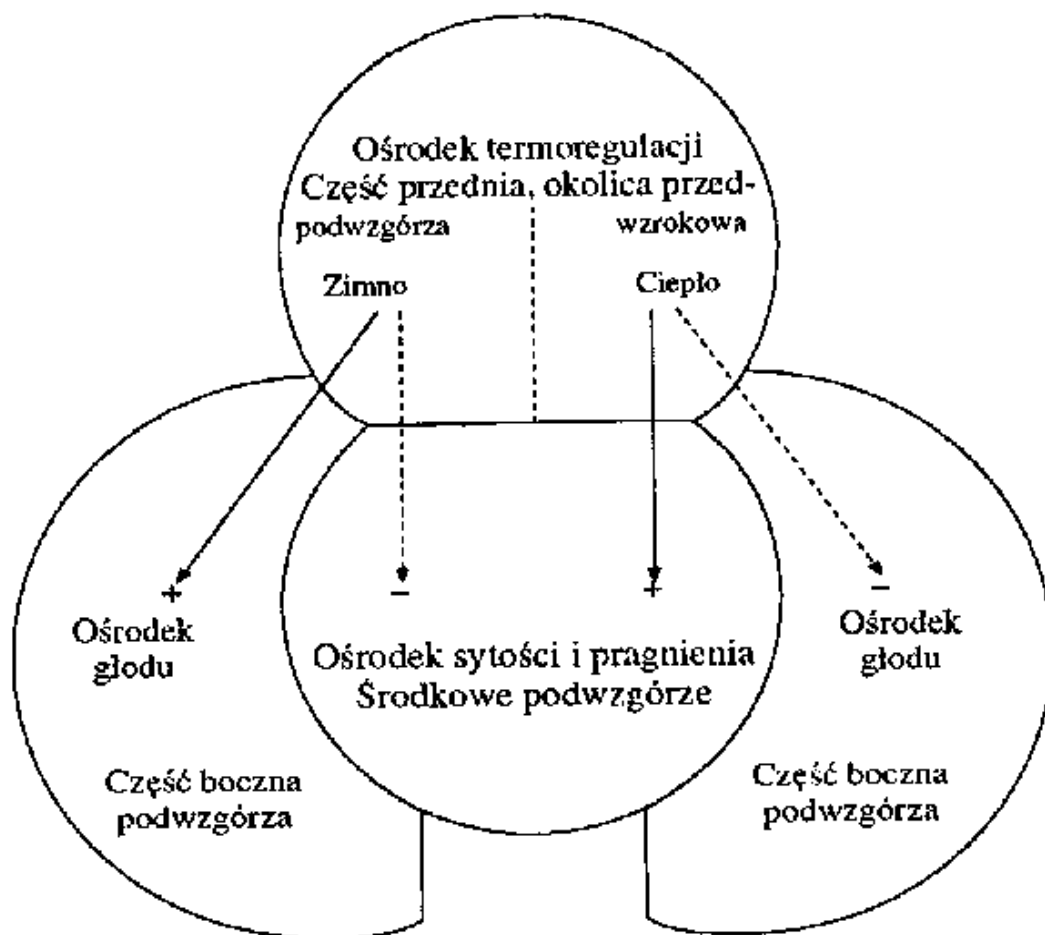
Rys. 13.3. Schemat blokowy regulacji czynności układu ruchowego



Rys. 13.4. Schemat układu termoregulacyjnego

Przeciwnieństwem ich są mechanizmy rozpraszające ciepło. Właściwość tę ma układ oddechowy, skóra i końcowa część układu trawiennego (poprzez kał i mocz).

System regulacji ma liczne, równoległe działające mechanizmy, które łącznie tworzą efektywny i niezawodnie działający stabilizator (np. temperatury, równowagi kwasowo-zasadowej itp.).



Rys. 13.5. Zasada termoregulacji ustroju w ujęciu schematycznym

Elementami pomiarowymi w tym systemie są termodetektory, które kontrolują bieżący stan systemu i uruchamiają mechanizmy regulacyjne. Zlokalizowane są w podwzgórzu, a do ich zadań należy:

- kontrola ciepłoty krwi przepływającej przez podwzgórze,
- wywoływanie szeregu reakcji systemu nerwowego i hormonalnego zmierzających do zachowania stabilizacji cieplnej i równowagi chemicznej.

Wrażliwość termodetektorów mogą "przestroić" pewne substancje chemiczne i ich stopień koncentracji we krwi. Takim czynnikiem jest:

- stosunek jonów wapnia Ca do jonów sodu Na (wzrost Ca powoduje obniżenie temperatury, a wzrost Na powoduje wzrost temperatury),
- odczyn chorobowy - uwalnianie substancji chemicznych przez białe ciała krwi pod wpływem kontaktu z bakteriami (efekt podwyższenia temperatury ciała ułatwia walkę z bakteriami).

Wzrost temperatury ciała wywołuje aktywizację mechanizmów rozpraszania ciepła, realizowaną poprzez:

- rozszerzenie naczyń krwionośnych skóry,
- wymianę ciepła w wyniku konwekcji i promieniowania,
- zwiększenie wydzielania potu,
- przyspieszenia akcji serca,
- pogłębienie oddechu,
- zahamowania drżenia mięśniowego.

Spadek temperatury zwiększa aktywizację mechanizmów produkujących ciepło czyli:

- drżenia mięśniowego,
- metabolizmu komórek mięśni szkieletowych,
- metabolizmu w tkankach tłuszczowych,
- spalania glukozy w wątrobie i mięśniach,
- metabolizmu tkankowego przez pobudzenie tarczycy i wątroby.

SYSTEM STEROWANIA CZŁOWIEKA

Działanie organizmu polega na realizacji pewnych jego reakcji takich jak:

- czynności związane z aktywnością mózgu,
- wydzielanie gruczołów,
- funkcje szkieletu i ruchy mięśni.

W wyniku podjętej przez układ asosjacyjny systemu nerwowego decyzji może nastąpić efekt ruchu. Zaplanowanie ruchu jest zagadnieniem złożonym, powinno obejmować :

- dobór właściwego mięśnia lub ich grupy do wykonania ruchu względnie utrzymania w odpowiedniej pozycji (napięciu)
- dobór wielkości rozwijanej przez nie siły,
- informacje o wzajemnym położeniu mięśni i warunkach początkowych ruchu,
- precyzję w osiągnięciu właściwego toru ruchu,
- właściwą szybkość ruchu,

Ośrodkowy system nerwowy powstał i rozwinął się jako system sterowania ruchem. Proprioceptory wysyłają do niego informacje o stanie układu kostno- stawowo- mięśniowego oraz ruchu całego ciała. Przekazywane informacje dot. napięcia mięśni i ścięgien, ich stopnia rozciągnięcia oraz ucisku wywieranego na powierzchnie stawowe. W warunkach fizjologicznych, informacja leżąca poniżej progu świadomości nie jest odbierana z proprioceptorów. Receptory te znajdują się:

- we wrzecionkach nerwowo-mięśniowych w postaci: zakończeń pierścieniowato-spiralnych, ciałek zmysłowych (Ruffiniego),
- w ścięgnach jako ciała buławkowate (Goldiego),
- na powierzchniach stawowych i w okostnej jako ciała blaszkowate (Pacinięgo) oraz wolne zakończenia nerwowe.

Ruch ciała zarówno liniowy jak i obrotowy jest odbierany poprzez receptory znajdujące się w narządzie równowagi, w uchu wewnętrznym. Narzędziem wykonawczym ruchu są mięśnie i układ kostny. Mięśnie stanowią 45% wagi ciała. Cechą charakterystyczną mięśnia jest jednostronne działanie to znaczy rozwija on siłę i może wykonać pracę wyłącznie kurcząc się (nie potrafi "pchać"). Każdy najprostszy ruch, każdy staw musi być obsługiwany przez co najmniej dwa mięśnie działające antagonistycznie: to znaczy przez zginanie i prostowanie. Niezawodność jego rośnie wraz z ilością mięśni obsługujących staw niezależnie od siebie (zranienie osłabia i zmniejsza jego precyzję, ale nie wyłącza go z ruchu).

Wyróżnić można następujące przypadki:

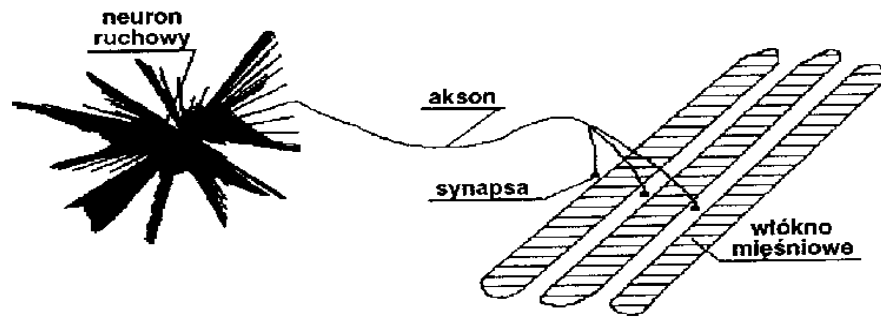
- kilka niezależnych mięśni posiada zdolność wykonania jednego ruchu,
- jeden mięsień obsługuje kilka stawów (palce),
- w obrębie anatomiczne pojedynczego mięśnia można wyróżnić fragmenty, które obsługują różne funkcje jednego lub kilku stawów (oddzielne elementy napędowe).

Mięśnie mają zdolność napędową układu kinematycznego jakim jest szkielet (~ 200 kości połączonych stawami, o około 300 stopniach swobody).

Praca mięśnia polega na jego skurczu. Rozróżnia się 3 rodzaje skurczów:

1. izotoniczne, kiedy komórki mięśniowe skracają się i cały mięsień ulega skróceniu, a napięcie jego nie ulega zmianie,
2. izometryczne, charakteryzujące się wzrostem napięcia mięśnia bez zmiany jego długości,
3. auksotoniczne - zbliżanie przyczepów z jednoczesnym wzrostem napięcia.

W warunkach prawidłowych funkcjonowania organizmu człowieka pojedyncze skurcze mięśni szkieletowych prawie nie występują. Ruchy kończyn i całego ciała są spowodowane przede wszystkim skurczami typu 3. Mięsień nie rozciągnięty kurczy się z małą siłą. Maksymalna siła skurczu występuje przy optymalnym jego rozciągnięciu. Dalsze rozciąganie mięśnia powoduje stopniowy spadek siły skurczu. W skurczu maksymalnym biorą udział wszystkie komórki mięśniowe. Im mniejsza siła skurczu, tym większa redukcja czynnych komórek. Energia do wykonania skurczu czerpana jest z procesu spalania składników odżywczych (metabolizm wysiłkowy). Źródłem napędu wykonanego skurczu jest impuls nerwowy. Za żadaną wartość tego skurczu odpowiada system sterowania. Sterowanie ruchami polega na nadążnym porównywaniu wartości wypracowanej z wartością pożądaną. Mięśnie, które biorą udział w ruchu pobudzone są przez system nerwowy ze stałym dopasowywaniem się do zaistniałej sytuacji. Każdy mięsień sterowany jest przez wiele komórek nerwowych. Fragmenty sterowane przez określoną pojedynczą komórkę działają wspólnie i tworzą jednostki motoryczne (**rys. 14.1.**). Stanowią ją: komórka nerwowa i wszystkie komórki mięśniowe połączone z nią wypustkami.



Rys. 14.1. Jednostka motoryczna systemu sterowania mięśniami

Wartość siły, jaką rozwija jednostka motoryczna zależy od:

- procesu sterowanie przez system nerwowy,
- siły stymulacji poszczególnych jednostek motorycznych,
- liczby równocześnie, naprzemiennie uruchomianych jednostek,- częstotliwości z jaką są pobudzane poszczególne jednostki motoryczne,
- długości mięśnia (jest ona proporcjonalna do rozwijanej siły),
- stopnia rozciągnięcia mięśnia przed jego skurczem,
- sposobu działania mięśni: antagonistyczne czy synergistyczne,
- sił działających na człowieka z zewnątrz (ręka pusta i z ciężarem).

Bezwzględna siła mięśnia u człowieka wynosi 4 kG /m.

System nerwowy w sposób ciągły kontroluje efekt pracy mięśni, stale dostosowując go do stawianych wymagań, zapewniając sprawność i precyzję ruchu, niezależne od warunków zewnętrznych. Stale wysyłane są impulsy nerwowe do mięśni szkieletowych. Nawet mięśnie nie pracujące wykazują napięcie mięśniowe, dzięki samoregulacji i regulacji przez nadrzędne ośrodki ruchowe. System sterowania ruchem ma budowę hierarchiczną (rys. 14.2.). Na każdym piętrze tego systemu rozwiązuje on zadanie kompleksowej regulacji złożonego, wieloelementowego układu.



Rys. 14.2. Hierarchiczny przebieg informacji w procesie sterowania ruchem człowieka

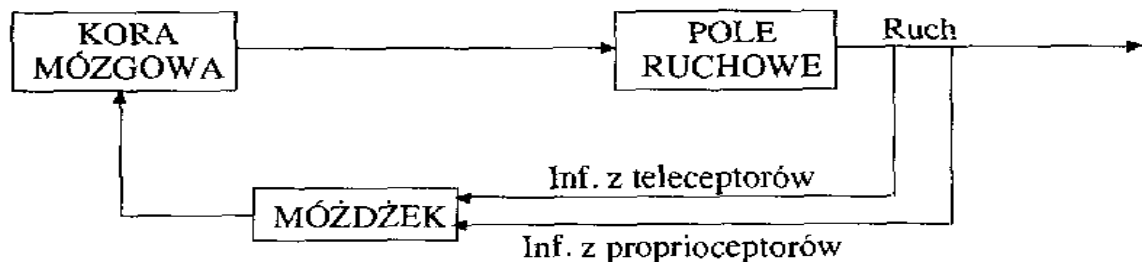
Mięsień, jako układ wykonawczy, podporządkowany jest bezpośrednio najniższemu piętru hierarchicznego sterowania jakim jest motoneuron:

- a, który steruje bezpośrednio zewnętrzną częścią włókien mięśnia, zwany komórką roboczą, w wyniku czego następuje skurcz mięśnia,
- g, sterujący środkową częścią włókien, wrażliwą na rozciąganie.

Skurcz izotoniczny zmniejsza pobudliwość receptorów w trakcie swego trwania, efektem czego jest spadek napięcia mięśnia. Skurcz izometryczny nie zmniejsza pobudliwości receptorów, zatem napięcie mięśniowe się utrzymuje.

W narządzie ruchu występują dwa typy sterowania:

1. otwarte, prowadzące od motoneuronu do mięsienia,
2. ze sprzężeniem zwrotnym (rys. 14.3.), działające w pętli: przyczyna \Leftrightarrow skutek.

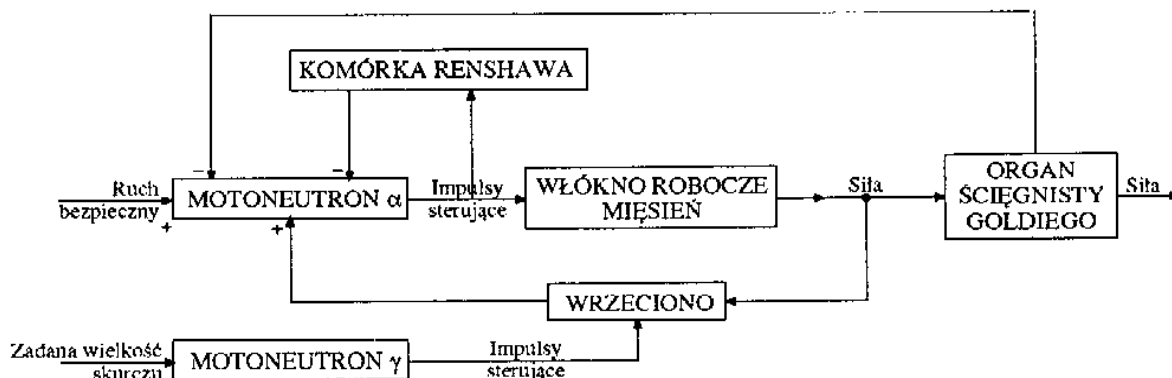


Rys. 14.3. Sterowanie ze sprzężeniem zwrotnym

Sprzężeniem zwrotne zapewnia wszystkim mięśniom szkieletowym odpowiednie napięcie, dopasowane do pozycji całego ciała oraz ustawienia kończyn i głowy w stosunku do tułowia. System sterowania otwartego stosuje się dla ruchów nieskomplikowanych. Występuje tu prosta zależność między sygnałem sterującym a jego skutkiem w postaci działania sterowanego obiektu. W sprzężonym systemie sterowania przyczyną jest również sygnał sterujący pochodzący od komórki a, a skutkiem - siła rozwijana przez mięsień lub ruch wykonany przez kończynę, sterowanie zachodzi jednak przy zaangażowaniu mózgu. Zewnętrzne sprzężenie zwrotne realizowane jest głównie przez zmysł wzroku. Występuje wówczas porównywanie efektu działania z zamierzeniami. Wymaga to:

- stałej koncentracji uwagi,
- dużego wysiłku psychicznego nieproporcjonalnego do wagi i znaczenia wykonywanych czynności, mających z reguły rutynowy charakter.

Istnieje także możliwość zastosowania sprzężenia zwrotnego z wyłączeniem świadomości (rys. 14.4.).



Rys. 14.4. Schemat blokowy układu sterowania narzędem ruchu człowieka

Rozwiązywane to jest poprzez tak zwane "pętle g". Jej zastosowanie pozwala na kurczenie się komórki mięśniowej przy równoczesnej kontroli tego skurczu i naprężenia całego wrzeciona w wyniku informacji dostarczanej z dodatkowych receptorów. Jest to system mierzący różnicę między pożądanym a rzeczywistym skróceniem mięśnia. Jak długo występuje ta różnica, tak długo będzie trwał przepływ impulsów z receptora do rdzenia i z powrotem i tym silniejszy sygnał będzie przesyłany. Proces sterowania komplikują jednak zmieniające się podczas ruchu zależności pomiędzy momentami sił, pochodzącymi od poszczególnych stawów. Rolę regulacyjną pełnią wówczas tzw. neurony Renshawa, które zwiększają płynność i precyzję ruchów. Dzięki nim osiągnięta jest praca bardziej stabilna. Wpływają na właściwości dynamiczne układu sterowania mięśnia. Regulacja wzmocnienia może odbywać się w dowolnym momencie; w trakcie ruchu także. Może odbywać się zgodnie z dowolnie wybranymi regułami. W każdym mięśniu we wszystkich ścięgnach występuje ponadto organ ścięgnisty Goldiego. Służy on do blokowania silnym sygnałem hamującym komórki α , by nie nastąpiło uszkodzenie ścięgna lub szkieletu w przypadku rozwijania przez mięsień siły jej zagrażającej (np. przy po-rażeniu prądem elektrycznym). Jest to zatem rodzaj bezpiecznika w postaci naprężenia. Działa on jedynie w warunkach niebezpiecznych (maksymalna granica siły).

W akcie ruchowym można wyróżnić 3 fazy:

1. odbiór sygnału i transmisja impulsów od receptora do ośrodkowego systemu nerwowego,
2. przekodowanie sygnału w formę właściwą do sterowania ruchem,
3. wykonanie ruchu.

Efektom końcowym w odbiorze bodźców jest reakcja efektora. Jego odpowiedzią podstawową jest odruch (refleks). W rozwoju gatunków wykształciły się drogi łączące poszczególne receptory z określonymi efektorami. Można wyróżnić w nich połączenia:

- wrodzone, wywołujące w receptorze odpowiedź zwaną odruchem bezwarunkowym (wrodzonym),
- nowe, dzięki którym wytwarzają się odruchy warunkowe (nabyte), uwarunkowane działaniem zespołu bodźców.

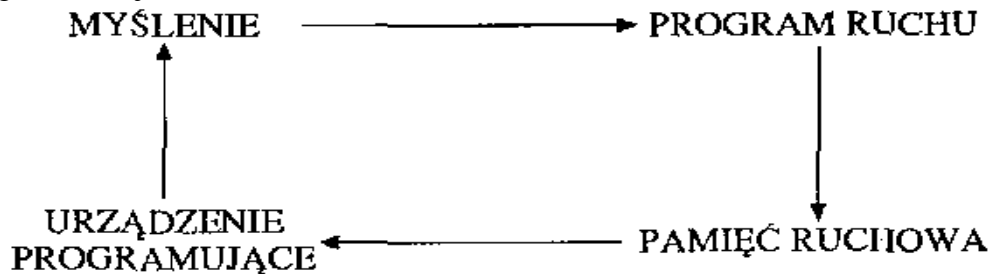
Odruchy wrodzone charakteryzują się dużą zmiennością odpowiedzi na bodźce, w przeciwieństwie do wrodzonych, kiedy odpowiedź na ten sam bodziec jest zawsze taka sama.

Droga jaką przebywa impuls nerwowy od receptora do efektora nosi nazwę łuku odruchowego i składa się z 5 zasadniczych części: receptora, aferentnego (dośrodkowego) oraz eferentnego (odśrodkowego) włókna nerwowe-go, ośrodka nerwowego i efektor. W zależności od:

- liczby przewodzących neuronów odruchy dzielone są na: proste i złożone,
- liczby biorących udział w przekazie synaps, rozróżnia się odruchy: na rozciąganie i zginanie,
- rodzaju synaps: pobudzające lub hamujące,
- miejsca rozmieszczenia synaps, może zachodzić zjawisko sumowania impulsów nerwowych przestrzennego i w czasie,
- ze względu na możliwości sterownicze można podzielić ruchy na:
 - *minimalne* (odruchy), realizowane na najniższych piętrach systemu nerwowo, bez sprzężenia zwrotnego,
 - *balistyczne* o zbyt krótkim czasie trwania ($t=0.1 - 0.2$ s), by nimi sterować,
 - *ciągłe*, podczas ich trwania występuje proces sterowania (korekcje wprowadzane są na bieżąco).

Od czynności ośrodka nerwowego, czyli skupiska neuronów, zależy, czy odruch wystąpi, jaki będzie jego okres atencji (utajonego pobudzenia), z jaką siłą zostanie pobudzony efektor. W trakcie wykonywania ruchu realizowane są wyższe funkcje mózgu:

1. uczenie się ruchów - w okresie tym można wyróżnić 3 fazy:
 - I. uruchomienie dużej ilości mięśni,
 - II. redukcja uruchomionej ilości i poszukiwanie optymalnego wariantu,
 - III. uzasadnianie zastosowania właściwych mięśni dla danego typu ruchu,
2. myślenie, które za kryterium przyjmuje cel ruchu,
3. pamięć ruchowa, której kryterium oparte jest na optymalizacji ruchu,
4. obieg informacji w



pętli:

5. mechanizm porównawczy i jego sprzężenie zwrotne (wartość pożądana, wartość uzyskiwana bieżąca, dopasowanie do wartości pożądanej),
6. śledzenie odruchów.

Podczas pracy można wprowadzić następujący podział czynności na ruchy:

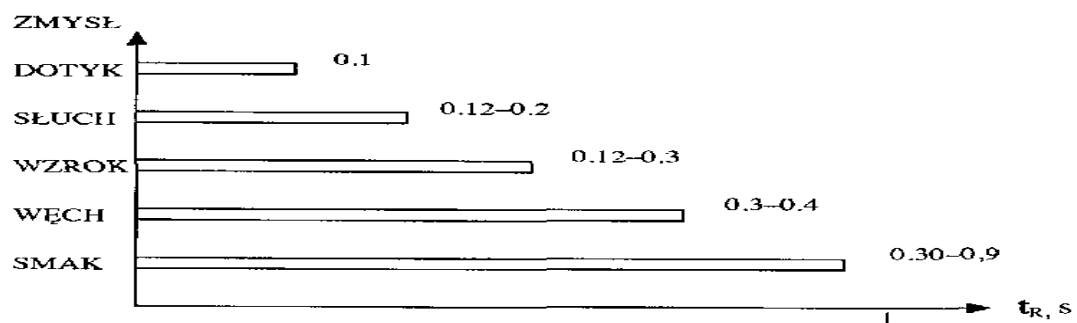
- pozycyjne, które polegają na przemieszczeniu części ciała z jednego położenia w drugie,
- powtarzalne - powtarzanie ciągle tej samej czynności,
- ciągle - trwające nie przerywanie w jednostce czasu,
- seryjne - wiele odrębnych, pojedynczych, stosunkowo niezależnych jednostek ruchowych, wykonywanych w ustalonej kolejności,
- statyczne - wykonywane przez pewne, stałe grupy mięśniowe, nie zawierające w sobie elementów ruchu (utrzymywanie ich w określonej pozycji).

Ruchy mogą być wykonywane pod kontrolą wzroku i z jego wykluczeniem (tzw. ślepe, czyli sensomotoryczne). Wszelkie ruchy charakteryzują następujące cechy: szybkość, dokładność, kierunek i siła. Szybkość ruchu, czyli czas reakcji na bodziec (t) oznacza czas jaki upłynie od chwili odebrania bodźca do chwili rozpoczęcia działania. Rozróżnia się reakcje:

1. **proste** - 1 bodziec - 1 reakcja,
2. **złożone** - reakcja w sytuacji wyboru (2 lub więcej bodźców, 2 lub więcej reakcji na 1 bodziec).

Czas reakcji zależy jest od następujących czynników:

- cech ruchu,
- cech sygnału: przestrzennych i czasowych,
- rodzaju działającego czynnika i rodzaju używanego zmysłu (rys. 14.5.),
- względnej intensywności bodźca wywołującego reakcję zarówno u źródła emisji, jak i u odbiorcy (zróżnicowanie bodźca w stosunku do tła),
- zakłócenia w kanale przesyłowym,
- siły oporu urządzenia,
- czasu trwania bodźca, sposobu narastania i zaniku,
- czasu przerwy między występującymi po sobie sygnałami,
- jednoznaczności i ilości niesionej przez sygnał informacji,
- stanu gotowości osoby reagującej (reakcje przewidywane skracają t),
- predyspozycji odbiorcy (psychicznych i manualnych),
- panujących warunków klimatycznych,
- właściwości osobniczych odbiorcy, jego stanu zdrowia, sposobu odżywiania itp.



Rys. 14.5. Przeciętny czas reakcji prostej na sygnały odbierane przez różne zmysły

Czas potrzebny na wykonanie ruchu pozycyjnego nie jest proporcjonalny do jego zasięgu. Zależy od cech indywidualnych. Większą szybkość, ale mniejszą dokładność osiąga się przy ruchach dłuższych (~ 89 cm). Krótkie ruchy (~18 cm) są wolniejsze, ale dokładniejsze (część czasu przypada na wykonanie ruchów wtórnych korygujących). Przy ruchach długich dokładność maleje w sposób ciągły w zakresie kątowym od 120° w prawo i 120° w lewo. Lepsze wyniki uzyskuje się przy kącie 60° w prawo, a gorsze przy 60° w lewo. Większą dokładność uzyskuje się przy ruchach "ślepych", jeżeli są one kierowane centralnie, poniżej poziomu ramion, gorsze - w bok i powyżej poziomu ramion. W ruchach powtarzalnych szybkość jest ważniejsza niż dokładność. Szybkości manipulacji poszczególnymi palcami są różne. Częstość nadawania sygnałów wpływa na sprawność ruchów. Jeżeli czas między bodźcami wynosi $t = 0,1$ sek., odbiera się je jako jeden sygnał. Na częstość wykonywanych ruchów ma wpływ konstrukcja elementu technicznego i stawiany przez niego opór. Dokładność ruchu ciągłego jest zależna od kierunku. Największa dokładność ruchu osiągnięta jest w kierunku od lewego dolnego rogu płaszczyzny do prawego górnego i z powrotem. Wykonywanie tych samych ruchów seryjnych może wymagać różnych czasów, w zależności od tego co przed i po nich następuje. Ruchy statyczne są bardziej męczące niż dynamiczne (3-6 razy). Efekt drżenia ręki, który jest reakcją statyczną, zmniejsza np. jej podparcie. Gdy dwa sygnały następują po sobie zbyt szybko, czas reakcji na drugi jest zwykle dłuższy niż na pierwszy.

CZynniki MATERIALNE ŚRODOWISKA PRACY

Rozważania dotyczące układu ergonomicznego nie można prowadzić w oderwaniu od otoczenia. Zarówno każdy z członów tego układu jak i relacje między nimi powinny być prowadzone w oparciu o czynniki kształtujące to środowisko. Można je klasyfikować na różne sposoby. Ogólnie dzieli się je na: fizyczne i chemiczne.

Do czynników fizycznych zalicza się:

- temperatura, wilgotność, ruch powietrza i ciśnienie atmosferyczne,
- zanieczyszczenia pyłowe powietrza,
- drgania akustyczne i mechaniczne,
- pola elektromagnetyczne
- pola elektrostatyczne,
- pola magnetyczne stałe i wolnozmiennie,
- promieniowanie urządzeń laserowych.

Do czynników chemicznych zalicza się:

- aktywne chemicznie zanieczyszczenia pyłowe,
- gazowe związki chemiczne.

W zależności od dawki w/w czynniki mogą mieć znaczenie korzystne dla obu członów wspomnianego układu lub negatywne. Poza niektórymi technologiami lub działami produkcji o zaostzonych wymaganiach, działanie czynników materialnych środowiska pracy nie ma aż tak dużego wpływu na twór techniki jak na człowieka. Czynniki te mogą mieć działanie:

- zakłócające,
- denerwujące, uciążliwe,
- szkodliwe.

Zwykle nie występuje tylko jeden z czynników, ale tworzą one przeróżne kombinacje, zaciemniając obraz swego działania, niejednokrotnie powodując wzmocnienie efektu poprzez wspólne działanie tzw. synergizm. Należy zaznaczyć, że czynniki te oddziałują nie tylko na ludzi znajdujących się w środowisku pracy, ale i poza nim. Często nie są wykrywalne przez receptory człowieka w momencie narażenia lecz dopiero informacja o ich działaniu na organizm widoczna jest w postaci skutków działania. Dlatego też rozdział ten będzie poświęcony:

- cechom rozpoznawczym źródeł narażenia,
- ocenie stopnia narażenia,
- środkom i zaleceniom prowadzącym do ograniczenia negatywnych skutków.

Mikroklimat

Procesy fizjologiczne człowieka spoczynkowe czy też wysiłkowe mogą zachodzić przy ściśle określonych cechach fizycznych powietrza, które go otacza. Pewne wahania wpływają na stopień sprawności człowieka. Całokształt zmian fizycznych czynników meteorologicznych w przestrzeni (ograniczonej lub otwartej) nosi nazwę mikroklimatu. Kształtują go następujące parametry: temperatura (t), wilgotność (W), ruch powietrza (n) oraz promieniowanie cieplne (T), a w pewnych warunkach - ciśnienie atmosferyczne (p). Wpływ ich jest różny w zależności od miejsca (tabela 16.1.):

TABELA 16.1.

Czynniki kształtujące mikroklimat w przestrzeni otwartej i zamkniętej

RODZAJ PRZESTRZENI	
OTWARTA	ZAMKNIĘTA
<i>Czynniki geograficzne - ukształtowanie terenu, Stopień nasłonecznienia Zachmurzenie Średnia wartość temp. dobowych i rocznych Opady atmosferyczne Kierunek i siła wiatru</i>	<i>Zewnętrzne warunki klimatyczne Orientacja przestrzenna Geometria pomieszczenia Wyposażenie Rodzaj i lokalizacja wewnętrznych źródeł Możliwość regulacji parametrów naturalna i sztuczna</i>

Człowiek zaliczany jest do organizmów stałocieplnych o temperaturze ciała oscylującej w niewielkim stopniu wokół temperatury 37° C. Ta stała temperatura utrzymywana jest dzięki funkcjonowaniu mechanizmów termoregulacyjnych (rozdział 12.). Pozwalają one na przebywanie jak również i na wykonywanie pracy w zmiennych warunkach otoczenia. Wytwarzana energia cieplna jest nieustannie równoważona. Nagromadzone ciepło ma wartość stałą zależną od masy ciała. Bilansowanie ciepła w organizmie człowieka można przedstawić za pośrednictwem wzoru Patt'jego: $S = \text{const}$

$$S = M + R + C + K - E$$

gdzie:

- S - ilość ciepła nagromadzone w organizmie niezbędna do utrzymania stałej temperatury,
- M - ilość ciepła pochodząca z przemiany materii podstawowej (PPM) i wysiłkowej (PWM),
- R - ilość ciepła uzyskana lub tracona na drodze promieniowania cieplnego (~ 60% przez skórę),
- C - ilość ciepła tracona lub uzyskiwana na drodze konwekcji (15%),
- K - ilość ciepła tracona lub uzyskiwana przez przewodzenie,

E - ilość ciepła tracona w sposób czynny podczas odparowania wody (~ 22% T₁ 1 l potu zawiera 3-4 gr. składników mineralnych oraz H₂O).

Wymiana ciepła pomiędzy ciałem człowieka a otoczeniem może zachodzić w sposób bierny (R,C,K) lub czynny (E). Sposób realizacji zależy od różnicy pomiędzy temperaturą skóry ciała człowieka, a temperaturą jego otoczenia. Bierna forma wymiany wymaga wyższej temperatury otoczenia. Parametry kształtujące mikroklimat będą miały wpływ na kierunek tej wymiany. W warunkach komfortu wymiana odbywa się poza świadomością człowieka.

Warunki mikroklimatyczne otoczenia mają wpływ na:

- dobre samopoczucie człowieka,
- utrzymanie jego sprawności fizycznej i umysłowej,
- zachowanie zdrowia,
- wydajność pracy.

Wprowadzono 7 stopniową skalę wrażeń cieplnych: gorące (+3), ciepłe (+2), lekko ciepłe (+1), neutralne (0), lekko chłodne (-1), chłodne (-2), zimne (-3).

Subiektywne odczucie warunków termicznych środowiska przez człowieka zależy od:

- parametrów kształtujących mikroklimat (t, W_w, v),
- wielkości wysiłku fizycznego,
- rodzaju ubrania (jednostką izolacji cieplnej odzieży jest 1 clo),
- właściwości adaptacyjnych ustoję,
- indywidualnych przyzwyczajęń.

Zespół cech fizycznych środowiska pracy, zapewniający równowagę bilansu cieplnego organizmu, stwarzający dobre samopoczucie oraz sprzyjający optymalnej wydajności pracy nosi nazwę komfortu. Stan poza nim jest uznawany za niekorzystny dla naszego organizmu, którego negatywny wpływ może rosnać wraz ze zmianą wartości parametrów opisujących warunki mikroklimatyczne, zarówno w górę jak i w dół. Należy dążyć by warunki te były utrzymywane na właściwym poziomie, mieszczącym się w narzuconym zakresie. Zakres ten nosi miano dopuszczalnego i jest określony przez właściwe przepisy normatywne. Poza określonym pasem istnienie, a tym bardziej praca, mogą okazać się uciążliwe, nie możliwe, czy wręcz szkodliwe.

Ocenę warunków mikroklimatycznych na stanowisku pracy przeprowadza się w oparciu o:

- pomiar wartości 4 podstawowych parametrów fizycznych: t, W, n, T,
- porównanie ich z wartościami normatywnymi,
- uwzględnienie wpływu innych czynników takich jak:
 - promieniowanie cieplne (ogólne i kierunkowe),
 - wielkość wysiłku fizycznego,
 - pora roku (ciepła - powyżej 10° C, chłodna - poniżej 10° C),
 - rodzaj ubioru,
 - sposób odżywiania.

**Wskaźnik fizjologiczny charakterystyczny dla wrażenia ciepłego człowieka
znajdującego się w różnych warunkach ciepłych**

Wskaźnik	Rodzaj wrażenia ciepłego człowieka						
	dyskomfort stopnia		komfort		dyskomfort stopnia		
	(+3)	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	(-3)
Temperatura ciała w ^o C	36,6 -37,0	36,6 - 37,0	36,6 - 37,0	36,5 q0,4	36,5	< 36,0	< 35,0
Temperatura skóry w ^o C	> 36,6	36,0q0,6	34,9q0,7	33,2q1,0	31,1q1,0	29,1q1,0	< 28,1
Wydzielanie potu w g/h	500 - 2000	250 - 500	60 - 250	50 q10	< 40	brak	brak
Skuteczność parowania	< 50%	> 50%	do 100%	-	-	-	-
Akumulacja (+) lub utrata (-) ciepła, cal	+(80-120)	+(50-80)	+(25-50)	q25	-(25-80)	-(80-160)	-(160-200)
Różnica t, ^o C pomiędzy tuowiem a kończyną	brak lub odwrotna	do 1t stóp > od t rąk	1,8 q0,7	3,0 q0,5	5,0 q1,5	6,5-15,0	postępujący spadek

Biorąc to pod uwagę, ocena odczucia oparta tylko na jednej właściwości może być mało znacząca. Dlatego też wprowadzono interpretację opartą na syntetycznych wskaźnikach, wśród których najczęściej są używane:

- A. w przypadku dodatniego obciążenia termicznego (środowisko gorące):
1. temperatura efektywna TE,
 2. globalny wskaźnik promieniowania ciepłego rozproszonego, wilgotności i ruchu powietrza WGBT,
 3. przewidywana utrata potu w ciągu 4 godzin P SR,
 4. określona ilość potu odparowanego z powierzchni ciała HSJ.
- B. w przypadku ujemnego obciążenia termicznego (środowisko zimne):
1. wskaźnik wymaganej izolacji odzieży IREQ,
 2. wskaźnik siły chłodzącej WCI,

TE - jest miernikiem efektu cieplnego, mającego miejsce w danych: warunkach pracy, pory roku i odzieży. Określa się ją przy znajomości: t , W , n i w w odpowiednich nomogramów opracowanych przez Yaglou. Wykorzystane tu zostało zjawisko identycznych odczuć termicznych, jakie człowiek odbiera przy zmianie jednego z parametrów przy odpowiedniej zmianie pozostałych. W przypadku występowania promieniowania cieplnego można się posłużyć zmodyfikowanym nomogramem podającym tzw. poprawioną temperaturę efektywną CET. Na nomogramie zaznaczony jest pas komfortu, określający te wartości, których występowanie dla człowieka jest korzystne. Wszelkie przekroczenia wskazują kierunek potrzebnych zmian.

WGBT - został opracowany również przez Yaglou oraz Minarda, przydatny jest do oceny środowiska z promieniowaniem cieplnym. Jest to metoda wykrywająca i stanowi pobieżną diagnozę zagrożenia. Podobnie jak dla TE został podany tu pas komfortu w zależności od pory roku.

WCI - jest odpowiednikiem WBGT, ale dla warunków chłodnych. Jest stosowany w przypadku miejscowego oziębienia ciała (tzw. ochłodzenie lokalne).

P_4SR - uwzględnia bilans wodny organizmu, jako wartość przewidywaną utraty 4potu w ciągu 4 godzin, w litrach. Jest metodą analityczną, oceniającą wielkość zagrożenia w warunkach mikroklimatu gorącego., zwłaszcza, gdy zostaną przekroczone wartości WBGT. Opracowany przez Mc Ardle'a i współpracowników nomogram ułatwia właściwą interpretację. Oparta jest o dane dot. t , W , n , wielkości wysiłku i rodzaju ubrania. Wskaźnikiem tym dokonuje się oceny głównie na gorących stanowiskach pracy, przy występowaniu dużych obciążeń termicznych, czyli tam, gdzie zrównoważenie bilansu cieplnego zachodzi w dużej mierze na drodze czynnej. W danych warunkach środowiska P SR pozwala określić stopień odwodnienia organizmu i utraty soli. Za wartość dopuszczalną, dla młodych mężczyzn przyjmuje się 2,5 l/ 4 godz.. Granicą nieprzekraczalną jest utrata 4,5 l.

HSI - oparty jest również na czynnej wymianie ciepła przez powierzchnię ciała człowieka, charakterystyczną dla konkretnych warunków mikroklimatycznych. Wyznaczone są w odsetkach wartości stosunkowe ilości potu od-parowanego w danych warunkach do maksymalnej ilości potu jaka może być odparowana z powierzchni ciała młodych, zdrowych i zaaklimatyzowanych mężczyzn. Wyznaczone empirycznie wartości zostały opracowane przez Bel-dinga i Hacha w postaci nomogramu.

IREQ - jest wskaźnikiem biorącym za podstawę racjonalną analizę wymiany ciepła zachodzącą pomiędzy człowiekiem a środowiskiem. Stosowany jest w przypadku ochłodzenia całego ciała (tzw. ochłodzenie ogólne).

Do fizjologicznych wskaźników zachwiania równowagi cieplnej organizmu zalicza się częstość tętna i temperaturę głęboką ciała ($38^{\circ}C$). Zgodnie z zaleceniami ergonomicznymi, należy dążyć, by warunki mikroklimatyczne panujące na stanowiskach pracy kształtowały się na poziomie wartości optymalnych, a nie jedynie dopuszczalnych.

Skutki dla organizmu działania:

A. wysokiej temperatury:

1. ogólne:

- poważne zaburzenia procesów termoregulacyjnych:
 - wzrost temperatury skóry i ciała,
 - rozszerzenie skórnych naczyń krwionośnych i przemieszczenie krwi na obwód zewnętrzny, zagęszczenie i zwiększenie przepływu krwi,
 - wzrost częstości oddychania,
 - pogorszenie utleniania ,
 - zmiany hemodynamiczne ustroju,
 - wzmożona akcja serca i nerek,
 - zaburzenia równowagi elektrolitycznej w płynach ustrojowych, utrata H₂O i soli mineralnych,
- spadek aktywności ruchowej (spowolnienie i zaburzenia koordynacji),
- rozproszenie uwagi - dekoncentracja,
- dezorientacja w ocenie czasu,
- senność.

2. miejscowe, którego efektem są poparzenia od I do III stopnia:

- I. cechuje uczucie pieczenia, przekrwienie i rumień skóry,
- II. na skórze pojawiają się pęcherze wypełnione cieczą,
- III. obumieranie tkanek, aż do zwęglenia włócznie,

3. efekt końcowy przegrzania organizmu może wystąpić w postaci:

- wyczerpania ciepłego objawiającego się znużeniem, osłabieniem fizycznym, zawrotami głowy, nudnościami, czasem torsjami i biegunką, częstymi omdleniami, skóra pokryta jest potem,
- udaru ciepłego, któremu towarzyszy: ból głowy, suchość skóry, torsje, temperatura ciała powyżej 38°C, następnie utrata przytomności, drgawki, zaburzenia oddechu aż do zatrzymania włócznie,

B. niskiej temperatury:

- spadek ilości ciepła ustroju (oziębienie - najpierw miejscowe, potem ogólne skóry, krwi, a następnie ciała),
- uruchomienie mechanizmów ochronnych:
 - zwężenie naczyń krwionośnych (może zmniejszyć oddawanie ciepła do 70%),
 - zmniejszenie czynnej powierzchni ciała ("gęsia skórka"),
 - drżenie mięśniowe (procesy energetyczne),
 - spowolnienie tętna,
 - spowolnienie oddechów,
 - wzmożenie procesów utleniania krwi,
 - wzmożone łaknienie na pokarmy tłuszczowe,
- zahamowanie czynności układu nerwowego, zwłaszcza czucia,
- wzmożona senność, zmęczenie,

- osłabienie wszystkich życiowych funkcji ustroju (krążenia, pracy serca, metabolizmu),
- odmrożenie miejsc najslabiej ukrwionych (palce rąk, nóg, nos, uszy), wyróżnia się 3 stopnie odmrożeń:
 - I. blada i zimna skóra,
 - II. utworzenie pęcherzy,
 - III. utworzenie zgorzelin,
- utrata przytomności,
- zamrożenie - śmierć,

C. wilgotności:

1. za małej:

- utrata wody,
- skóra staje się sucha i chropowata,
- błony śluzowe wysychają i pękają,
- spada odporność organizmu na zakażenie,

2. za dużej:

- utrudniona termoregulacja ustroju:
 - na drodze czynnej, w przypadku wysokiej temperatury otoczenia, co powoduje efekty jak przy przegrzaniu,
 - na drodze biernej w przypadku niskich temperatur otoczenia, co powoduje szybszą utratę ciepła,

D. ruchu powietrza:

1. o dużych prędkościach:

- zwiększa oddawanie ciepła przez organizm,
- może prowadzić do zbytowego ochłodzenia ciała,
- wywołuje silny masaż skóry,
- przy niskich temperaturach - schorzenia dróg oddechowych: nieżyty nosa, gardła, tchawicy lub oskrzeli,
- wyrównany skład fizyko-chemiczny otaczającego powietrza,

2. o małych prędkościach:

- zaburzenia termoregulacji ustroju,
- zróżnicowany skład fizyko-chemiczny powietrza,

- #### E. ciśnienie atmosferyczne: odgrywa istotną rolę w zachowaniu się gazów wewnątrzustrojowych (prawo Henry'ego: ilość gazu rozpuszczającego się w danej cieczy jest wprost proporcjonalna do ciśnienia parcjalnego tego gazu, dlatego też w ciśnieniu normalnym, zawarty we krwi i tkankach azot nie dyfunduje, a co ma miejsce przy zmianie ciśnienia)

1. zmienne:

- bóle reumatyczne,
- stany neuralgiczne,
- zmienność nastrojów psychicznych,
- pogorszenie samopoczucia,

2. stałe, ale niskie - hipobaria:

- zmniejszenie fizjologicznej zdolności do pracy,
- przyspieszona akcja serca,
- zwiększona liczba oddechów,
- uczucie duszności,
- ogólne osłabienie ustroju,
- zawroty głowy, lęk przestrzeni,
- krwawienie z nosa,
- nudności, torsje utrata przytomności,

3. stałe, ale wysokie - hiperbaria (np. u nurków):

- zmniejszenie fizjologicznej zdolności do pracy,
- bóle w uszach, łatwe męczenie się,
- tzw. oszołomienie głębinowe: zaburzenia czucia, nudności, torsje,
- skurcze mięśni, obrzęk płuc, porażenie ośrodka oddechowego, śmierć
- wydzielanie się we krwi nadmiaru azotu, co może prowadzić do zaczopowania naczyń krwionośnych.

Nagły wzrost ciśnienia nosi nazwę kompresji, a powrót do stanu wyjściowego - dekompresji.

Środki poprawy niekorzystnych warunków mikroklimatycznych:

- właściwa organizacja pracy, np.: stosowanie częstych przerw,
- selekcja pracowników pod względem zdrowotnym,
- kontrolowane i świadome uzupełnienia traconej wody i chlorku sodu,
- regulacja fizycznymi czynnikami środowiska w zależności od potrzeb,
- stosowanie zabezpieczeń technicznych i ochron indywidualnych.

Drgania mechaniczne

Zmiany kinematyczne lub dynamiczne układów mechanicznych w funkcji czasu określane są mianem drgań mechanicznych. Ze względu na charakter tych zmian w czasie można je podzielić na dwie kategorie:

- wstrząsy,
- drgania właściwe.

Drgania mechaniczne przenoszone na organizm człowieka przekazują mu pewną energię. Ze względu na odczucia człowieka za:

- **wstrząsy** - przyjmuje się takie zmiany położenia, na które organizm może reagować czynnie poprzez swe mięśnie. Z fizjologicznego punktu widzenia są to nieregularne, krótkotrwałe przemieszczenia cząsteczki względem wybranego układu odniesienia. Maksymalna wartość przyspieszenia (a) jest jedyną interesującą cechą wstrząsu. Instrumenty pomiarowe muszą posiadać liniową charakterystykę częstotliwości i fazy w całym zakresie częstotliwości określonym przez widmo mierzonego impulsu.
- **drżania** - przyjmuje się takie zmiany położenia w czasie, na które organizm reaguje jedynie biernie, gdyż układ nerwowy, narząd równowagi i mięśnie nie są zdolne reagować na każdy impuls oddzielnie. Przyjęto następujące określenia:
 - a. **drżania swobodne** - odbywają się bez zewnętrznego oddziaływania i wydatkowania energii na zewnątrz,
 - b. **drżania wymuszone** - odbywają się pod działaniem dynamicznych lub kinematycznych czynników zewnętrznych będących okresowymi funkcjami czasu, niezależnie od drgań układu,
 - c. **drżania ustalone** - mogą być ciągłe lub przerywane o łącznym czasie trwania $t >$ niż 30 minut/ dobę,
 - d. **drżania sporadyczne** - o łącznym czasie trwania $<$ 30 minut/ dobę.

Drgania i ich wpływ na człowieka można rozpatrywać w kilku aspektach:

1. ze względu na parametry opisujące drżania,
2. ze względu na miejsce przekazywanie ich na ciało człowieka,
3. ze względu na jego indywidualne cechy fizjologiczne i psychologiczne.

Parametrami opisującymi drżania są:

- częstotliwość f w Hz oraz jej skład widmowy,
- przemieszczenie drgań s w m, czyli położenie cząstki względem układu odniesienia,
- prędkość drgań v w m /sek. - pierwsza pochodna przemieszczenia po czasie,
- przyspieszenie drgań a w m/s^2 - druga pochodna przemieszczenia po czasie,
- logarytmiczny poziom drgań L w dB

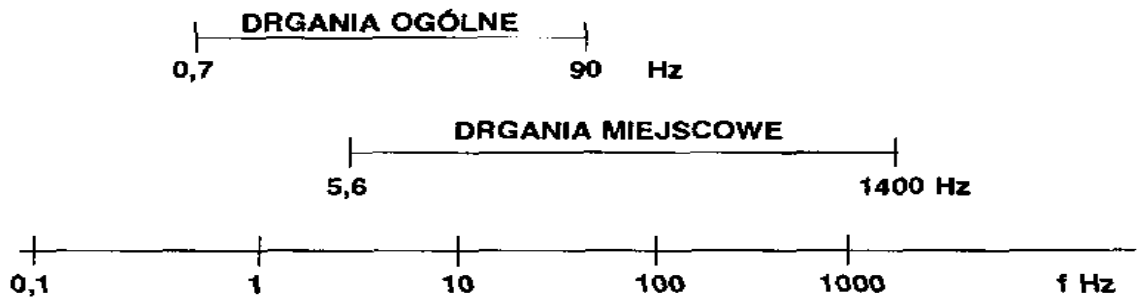
$$L = 20 \times \lg b/b_0$$

gdzie: b_0 jest poziomem odniesienia i w zależności od parametru wynosi: $a_0 = 10^{-6} m/sek.^2$; $v_0 = 10^{-8} m/sek.$; dla $s_0 = 10^{11} m$,

- regularność drgań,
- czas trwania drgań t , w którym wartości amplitud ocenianego parametru ruchu są $>$ 0.2 wartości maksymalnych.

Miejsce przekazania drgań człowiekowi związane jest ściśle z przyjętą pozycją ciała oraz z rodzajem źródła. Na tej podstawie przyjęto stosować podział (rys.16.1.) na drżania o działaniu:

- ogólnym, jeżeli są przenoszone na korpus poprzez nogi, miednicę, plecy lub barki,
- miejscowym, jeżeli drżania są przenoszone na korpus poprzez ręce.



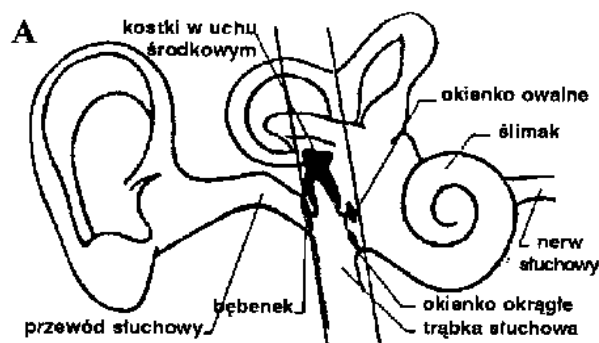
Rys. 16.1. Zakres częstotliwości drgań o działaniu ogólnym i miejscowym

W celu wykonania pomiarów i oceny narażenia człowieka na działanie drgań mechanicznych wprowadzono dwa układy współrzędnych:

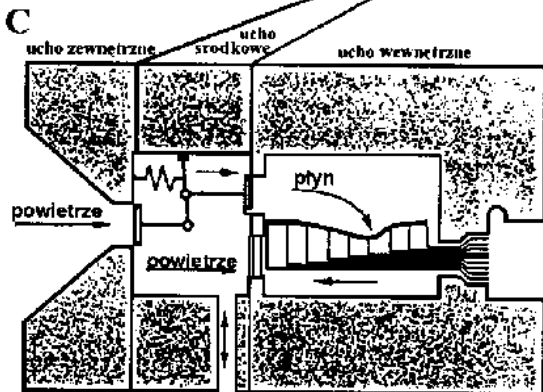
1. ruchomy (x, y, z), związany z geometrią ciała człowieka lub jego dłoni (początek znajduje się w okolicy koniuszka serca lub na główce 3 kości śródreżca),
2. nieruchomy (X, Y, Z), związany z geometrią stanowiska pracy, narzędzi, uchwytów (z tym, że przyjęto, aby oś Z wskazywała kierunek maksymalnych drgań).

Rys.16.2. przedstawia położenie układu współrzędnych w zależności od przyjętej pozycji ciała narażonego i miejsca wejścia drgań do organizmu. Aktualnie pomiary i ocenę narażenia wykonuje się wg Polskiej Normy: PN - 83/N - 01352. Drgania. Zasady wykonywania pomiarów na stanowiskach pracy.

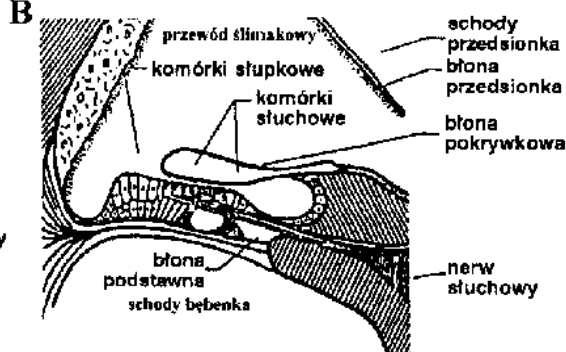
1 UKŁAD ANATOMICZNY



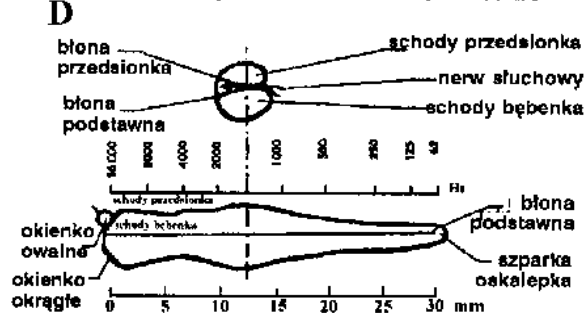
2 UKŁAD MECHANICZNY



1 PRZEKRÓJ POPRZECZNY ŚLIMAKA



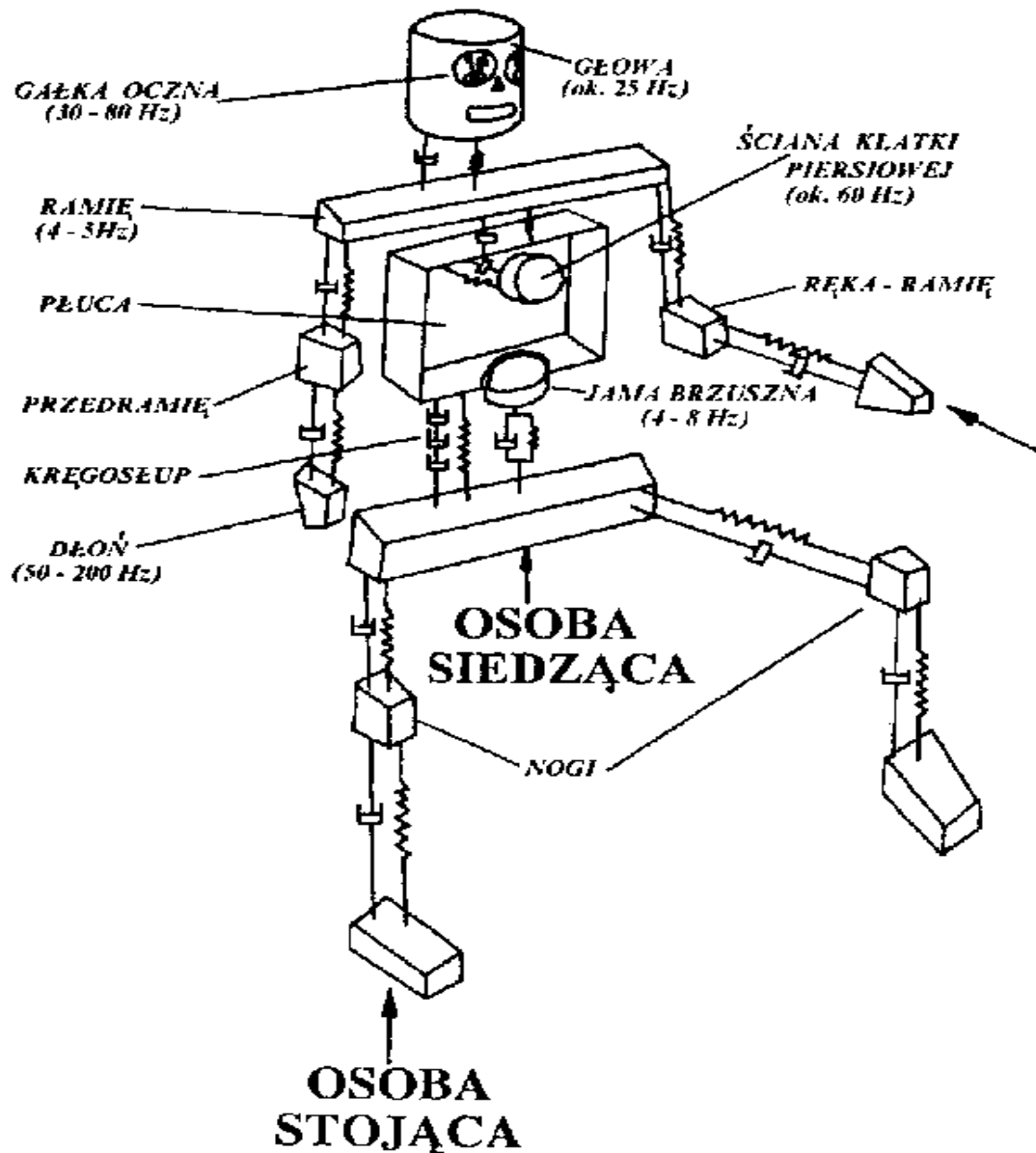
2 ROZWINIĘTY PRZEWÓD ŚLIMAKA



Rys. 16.2. Lokalizacja układów współrzędnych w zależności od przyjętej pozycji ciała narażonego oraz rodzaju oddziaływania:

a/ ogólne, b/ miejscowe

Przy drganiach o częstotliwości niższej od 2 Hz, ciało człowieka zachowuje się jak jednolita masa. Powyżej, każdy z narządów cechuje częstotliwość drgań własnych. Dla przykładu: 2,5 Hz - błędnik; 5 Hz - nogi; 3 Hz - ręce; 4-25 Hz - głowa; 5 Hz - miednica; 5-9 Hz - narządy jamy brzusznej; 6-8 Hz - szczęka; 8 Hz - żołądek; 12-16 Hz - krtań, tchawica; 10-18 Hz - pęcherz moczowy, 20-30 Hz - pogorszenie ostrości wzroku; 60-90 Hz - rezonans gałek ocznych; 35-250 Hz - zaburzenia naczyniowo ruchowe; 35 Hz - odbierane są przez skórę; kilkaset Hz - nerwice, zmiany kostno - stawowe. Rozpatrując reakcje organizmu człowieka na działanie drgań, ciało człowieka można zastąpić modelem mechanicznym (rys.16.3.), w którym występuje układ mas połączonych ze sobą za pomocą sprężyn i tłumików (wg Coermana). Jest on o wielu stopniach swobody i w związku z tym posiada kilka częstotliwości własnych. Na reakcje organizmu mają wpływ cechy indywidualne takie jak: wiek, płeć, wzrost, budowa ciała, stan zdrowia, pobudliwość nerwowa, stan psychiczny itd.



Rys. 16.3. Model mechaniczny ciała człowieka dla przyjętej pozycji ciała: stojącej i siedzącej

Organizm odbiera drgania w określonych obszarach, pomiędzy określonymi granicami: dolną, która odpowiada czuciu drgań o amplitudzie $A = 0.008 \text{ cm}$ ($x = 0$), $f = 1 \text{ Hz}$; i górną, która jest granicą szkodliwości i odpowiada $A = 80 \text{ cm}$ ($x = 80 \text{ vibrarów}$) i $f = 1 \text{ Hz}$. Drgania o $f = 1 \text{ Hz}$ przyjmuje się za wzorcowe. Za jednostkę intensywności drgań x przyjmuje się vibrar . Dla receptorów czuciowych podobnie jak dla pozostałych zmysłów obowiązuje prawo Webera-Fechnera (odczucie jest proporcjonalne do logarytmu podniety). Natężenie drgań:

$$c = b^2 / f,$$

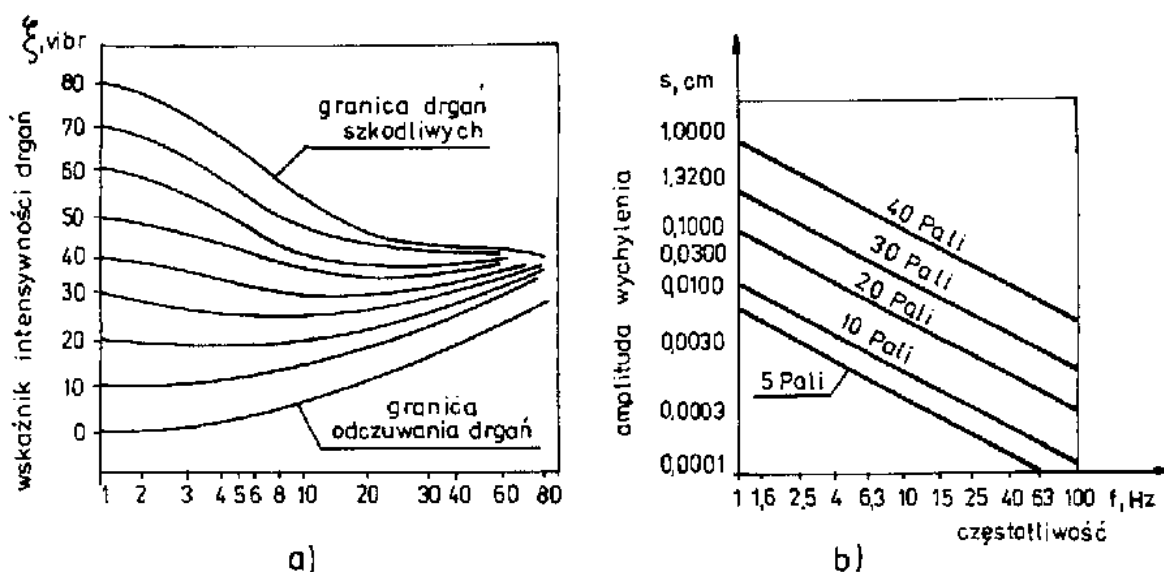
gdzie: b - maksymalna amplituda przyspieszenia a w m/sek.^2 , f - częstotliwość w Hz .

Prawo Webera-Fechnera można zapisać, wyrażając wskaźnik intensywności drgań jako:

$$x = 10 \lg \chi/\chi_0$$

gdzie : $c_0 = 0,1 \text{ cm/sek.}^2$ - poziom odniesienia dla $f = 1 \text{ Hz}$.

Przyrost wskaźnika ξ o 1 vibr oznacza, że intensywność drgań wzrasta 10 razy co wynosi 1.023 wartości porównawczej c_0 . Wartość x jest różna dla różnych częstotliwości. Całą rodzinę krzywych jednakowego odczuwania drgań podzielono na 80 jednostek i nazwano je palami (rys.16.4.).



Rys. 16.4. Krzywe jednakowego odczuwania drgań przez człowieka

Poniższa tabela przedstawia odczucia człowieka w zależności od wartości drgań.

TABELA 16.3.

Rodzaje odczuć człowieka w zależności od wartości drgań

Przyspieszenie ziemskie g	Pale	Rodzaj wrażenia
poniżej 0.001		nieodczuwalne
0.001 - 0.01	0 - 10	slabo odczuwane
do 0.01	10 - 40	dobrze odczuwalne
do 1.00	40 - 40	nieprzyjemne o słabym nasileniu
do 10	50 - 60	o dużym nasileniu
> 10	60 - 80	bardzo silne, szkodliwe

Ocenę drgań można przeprowadzać w odniesieniu do zagadnień technicznych oraz higienicznych, czyli narażenia człowieka. Aspekt techniczny jest zagadnieniem szerokim i skomplikowanym możliwym do realizacji przez specjalistów. Z aspektem higienicznym powinni zapoznać się wszyscy użytkownicy, by być świadomym następstw tego oddziaływania, które zawierają w sobie zarówno stopień uciążliwości jak i szkodliwości. Kryteria oceny higienicznej oparte są na:

- wartości skutecznej RMS przyspieszenia a w tercjach lub oktawach (miara intensywności),
- wartości skorygowanej przyspieszenia drgań a (stosując filtry korekcyjne, uwzględniające właściwości człowieka, czyli widmo liniowe drgań sprowadzone do jednej wartości normatywnej, dającej informację o narażeniu człowieka),
- czasie oddziaływania drgań na człowieka t ,
- częstotliwości f w pasmach 1/4 oktawowych lub 1/3 oktawowych.

Przed pomiarami należy dokonać wyboru punktu pomiarowego wg poniższych zasad:

- miejsce, w którym styka się organizm człowieka z elementem drgającym,
- miejsce, w którym człowiek przebywa najdłużej,
- miejsce, w którym maksymalna czułość czujników była zgodna z osią rozchodzenia się drgań.

Na wyniki pomiarów m.in. ma wpływ sposób mocowania czujnika do materiału, z którego wykonane jest badane źródło drgań. Stosowane jest:

- połączenie śrubowe,
- przyklepanie (tylko dla przyspieszeń " a " $\leq 100g$, bardzo dobra metoda w przypadku podłóg betonowych),
- połączenie woskiem (dla " a " $\leq 120g$),
- połączenie za pomocą magnesu (dla " a " $\leq 200g$),
- połączenie za pomocą szpilki (materiały miękkie np.: drewno),
- przytrzymanie ręką (najmniej dokładny),
- połączenie za pomocą drutu (tylko dla niskich częstotliwości).

Program pomiarów powinien obejmować:

- opis stanowiska wraz ze szkicem,
- ustalenie systemu pracy źródła drgań,
- ustalenie charakteru ekspozycji na drgania,
- ustalenie rodzaju drgań,
- ustalenie parametrów, które powinny być mierzone,
- wybór punktów pomiarowych,
- wybór sposobu mocowania czujnika drgań,
- ustalenie kierunku pomiaru (1 kierunek pomiarów można przyjąć tylko wtedy, gdy wartość w nim występująca jest $\geq 4\text{ξ}$ niż w pozostałych kierunkach),
- pomiar poziomu zakłóceń (musi być mniejszy co najmniej 4 dB),
- ustalenie liczby pomiarów,
- czas rejestracji:
- w przypadku ekspozycji stałej $t \leq 60\text{sek}$.

- w przypadku ekspozycji zmiennej t Ł 1 pełny cykl zmian.

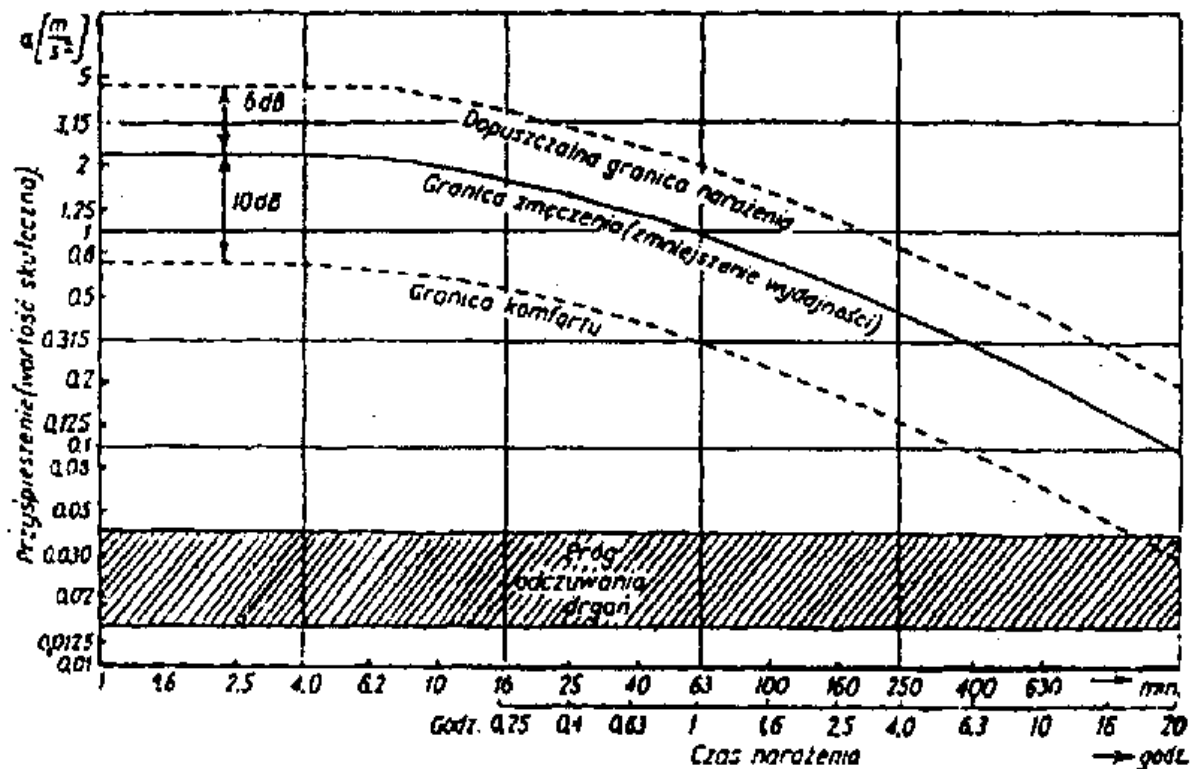
Narażenie zdrowia ma miejsce, gdy zmierzone wartości są większe od dopuszczalnych. Przerwy zwiększają wartość przyspieszenia dopuszczalnego a_{dop}

Dla oceny narażenia stosowane są 3 metody:

1. ocena widmowa (RMS chwilowe) dla drgań o poziomie ustalonym i oddziaływaniu ciągłym,
2. ocena całkowita (uśrednienie wartości w pewnym przedziale czasu) dla drgań o poziomie ustalonym lub zmiennym, o ciągłym oddziaływaniu na człowieka lub regularnie przerywanym w trakcie całej zmiany roboczej,
3. dozymetryczna (równoważna wartość "a" w ciągu całej zmiany roboczej) dla drgań o poziomie zmiennym i nieregularnie przerywanym.

Przyjęto 3 obszary reakcji organizmu (rys.16.5.):

1. uciążliwości - a_u wyznaczony przez spadek sprawności wydajności pracy w ciągu 8 godz. dnia pracy (dotyczy drgań ogólnych),
2. progu odczuwania drgań - zmniejszenie komfortu $a_{dop} = 0.316 \times a_u$ (dotyczy drgań ogólnych),
3. szkodliwości (narażenie zdrowia i bezpieczeństwa) $a_{dop} = 2 \times a_u$. Wartość ta jest większa o 5 - 6 dB od wartości granicy uciążliwości (dotyczy drgań ogólnych i miejscowych).

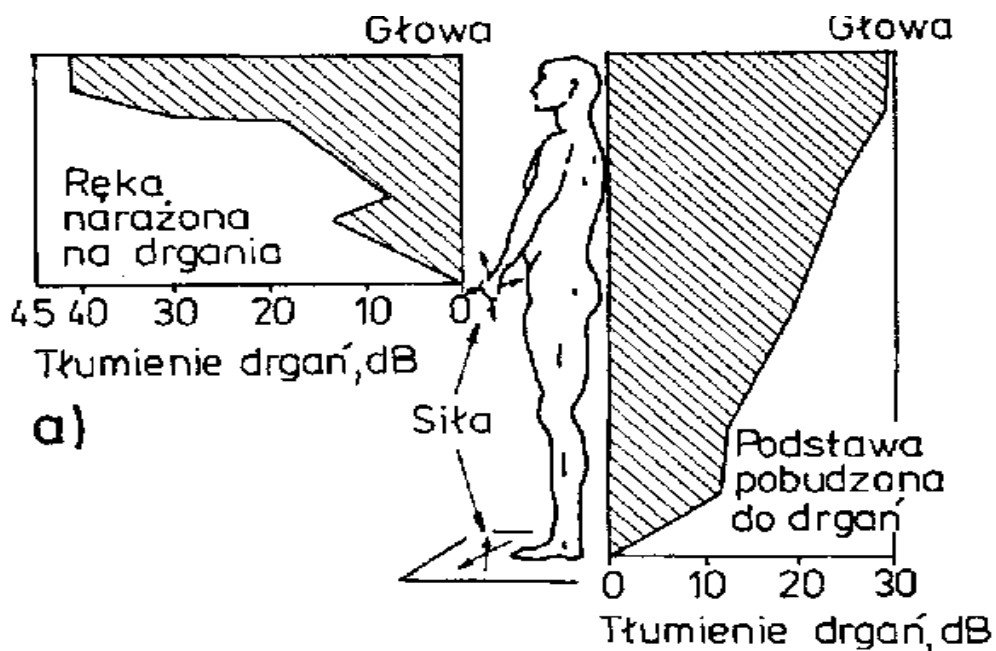


Rys. 16.5. Wartości progowe oddziaływania drgań na człowieka

Powyżej granicy szkodliwości prace są niedopuszczalne. Oddziaływanie drgań na organizm człowieka zależy od:

- przyjętej pozycji ciała (stojącej, siedzącej),
- częstotliwości drgań (tym większe im bardziej pokrywa się ona z częstotliwością drgań własnych narządów wewnętrznych):
 - 50 Hz - dolegliwości w mięśniach łydkowych,
 - 70 Hz - dolegliwości w stopach,
 - 20 Hz, < 250 Hz - układ nerwowy,
 - 400 Hz - piekące bóle w miejscach kontaktu ciała z elementem drgającym,
- czasu narażenia:
 - objawy chorobowe pojawiają się zwykle po 3 - 4 latach pracy,
 - objawy kliniczne pojawiają się zwykle po 5 - 6 latach pracy,
- wagi elementu i siły nacisku,
- powierzchni styku ciała z elementem drgającym (energetyczny charakter tego działania, czyli ilość przekazywanej energii Q , zależna jest od natężenia drgań c , czasu narażenia t oraz powierzchni styku ciała z elementem drgającym S ; $Q = c \times S \times t$),
- wieku człowieka (dotyczy to zwłaszcza procesu kostnienia tkanki łącznej),
- indywidualnych predyspozycji narażonego i jego stanu zdrowia.

Objawy tego oddziaływania mogą przybierać różną formę. Może dotyczyć wielu układów czy narządów. Pierwsze symptomy pojawiają się dla zmysłu czucia. Wartość progu czucia ulega podwyższeniu. Drgania w organizmie człowieka tłumione są przez tkankę miękką (rys.16.6.), a przenoszone zwłaszcza przez układ kostny. Dlatego też zmiany tego układu są najrozleglejsze. Występowanie rezonansu prowadzi do spaczenia lub zniszczenia wielu narządów lub ich funkcji.



Rys. 16.6. Tłumienie drgań w ciele stojącego człowieka w zależności od miejsca wejścia: a/ przez ręce, b/ przez stopy

Poniżej przedstawiono informacje dotyczące zmian mających miejsce w niektórych układach człowieka pod wpływem drgań:

- układ nerwowy: zaburzenia czucia, bólu, dotyku, (nie wszystkie miejsca na skórze mają tę samą wrażliwość na drgania: największą mają palce rąk, sklepienie stopy, brzuch), nieznaczne emocjonalne (najpierw nadmierna pobudliwość a następnie apatia), uszkodzenie komórek rdzenia nerwowego, krwawe wylewy na skutek drgań o dużej energii, nerwica wegetatywna, zaburzenia koordynacji rąk, bezsenność, wzmożone pocenie, zmiany przemiany materii, osłabienie,
- układ kostno - stawowy (najczęściej zaatakowany jest staw łokciowy, rzadziej barkowy i nadgarstka): wzrost mazi stawowej i tkanki tworzącej torebkę stawową, wysięki, zapalenia pochewek ścięgnistych, zwapnienie więzadeł, tworzenie wyrostki kostnych, odwapnienia, torbiele, przewapnienia, pęknięcia, martwica,
- układ mięśniowy: w pierwszym okresie powiększenie masy mięśnia, a następnie jego zanik, poza tym bolesne skurcze (zwłaszcza mięśni przed-ramienia, rąk i podudzi), spadek siły i tonusu mięśni, dwukrotnie wyższy WE, drżenie,- układ krwionośny: skurcz naczyń, spadek ciśnienia krwi, blednięcie, sinica skóry (tzw. choroba 3 palców), drętwienie, martwota, duża bolesność,- układ trawienny: bóle żołądka, zaburzenie trawienia, obniżenie żołądka, zwiótnienie jego ścian, nieżyty błony śluzowej,
- układ oddechowy: zmiany rytmu i częstości oddychania (przyspieszenie),
- skóra: spadek temperatury od 28°C do 15°C (zwłaszcza rąk), zniekształcenia opuszków palców ("pałeczki dobosza", pogrubienie, rogowacenie, zatarcie linii papilarnych, pęknięcia, ropienia, łuszczenie naskórka),
- narząd wzroku: zaburzenie ostrości widzenia i widzenia barw, wzrost zmęczenia wzroku,
- narząd słuchu: zwykle towarzyszy głuchota zawodowa.

Obniżenie szkodliwych skutków działania drgań może zachodzić w sposób bierny i czynny. Bierne rozwiązania polegają na:

- dostarczeniu do ustroju dostatecznej ilości witamin takich jak: B₁, B₂, C, PP,
- przestrzeganiu warunków określonych przez normatywy higieniczne,
- nie zatrudnianiu w środowisku drgającym młodocianych i kobiet,
- przestrzeganiu zalecanego czasu pracy (kontakt z elementem wibrującym nie powinien przekraczać 2/3 czasu dniówki),
- zaleceniu po każdej godzinie pracy (oprócz przerwy obiadowej) przerwy 10-15 minutowej,
- rotacji grup pracowniczych,
- zapewnieniu odpowiedniego mikroklimatu na stanowisku pracy: $t \leq 16^{\circ} \text{C}$,

$$W_w = 40 - 60 \%, v \leq 0.3 \text{ m/sek.},$$

- stosowaniu nagrzewnic emitujących strugę powietrza o $t = 25^{\circ} - 28^{\circ} \text{C}$ na ręce pracowników o $v = 1-3 \text{ m/sek.}$,
- stosowaniu ochron indywidualnych (pasy, poduszki, rękawice, wkładki do obuwia, rękawy).

Minimalizację drgań można uzyskać stosując środki techniczne takie jak:

- wyrównywanie lub nawet eliminacja sił zderzeniowych,
- modyfikacja widma drgań,
- zmiany parametrów układu,
- eliminatory drgań: pokrycia tłumiące (pasty, farby), szczeliny dylatacyjne, materiały przeciw drganiowe (gumowe, sprężynujące i inne),
- sposób posadowienia źródeł drgań,
- regulacja sztywności konstrukcji budowlanych,
- właściwe rozmieszczenie źródeł drgań.

Halas

Drgania powodujące ruch cząsteczek środowiska sprężystego względem położenia równowagi w zakresie słyszalnym noszą nazwę drgań akustycznych. Przestrzeń, w której zachodzi proces drgań tych cząsteczek wynikający z przemieszczania (propagacji) fal dźwiękowych nosi nazwę pola akustycznego. W zależności od: warunków rozprzestrzeniania się fal oraz rodzaju źródła rozróżniane są dwa rodzaje pól:

1. swobodne, gdzie spadek ciśnienia akustycznego następuje z kwadratem odległości (przestrzeń otwarta),
2. rozproszone (dyspersyjne), gdy ma miejsce zjawisko odbicia fal od przeszkody (pomieszczenia zamknięte).

Wywołane zaburzeniami ciśnienia powietrza wrażenie słuchowe nosi nazwę dźwięku. W zależności od składu widmowego można rozróżnić kilka rodzajów dźwięków:

- **proste**, (tony), mają jedną ściśle określoną częstotliwość,
- **złożone** składają się z wielu częstotliwości, o zróżnicowanej amplitudzie (spotykane w otaczającej nas rzeczywistości),
- **szum** również składa się z drgań akustycznych o dużym zakresie częstotliwości, ale żadna z nich nie jest wyróżniająca się,
- **szum biały** - rozkład poziomu ciśnienia akustycznego jest równomierny i niezależny od częstotliwości.

Drgania akustyczne ze względu na swą falowość podlegają następującym prawom fizycznym:

- zdolność przemieszczania się w różnych ośrodkach (gazy, ciecze, ciała stałe),
- odbicia, czyli zmiany kierunku rozchodzenia się na granicy dwóch ośrodków,
- pochłonięcia,
- ugięcia (zwłaszcza dla fal o niskiej częstotliwości),
- interferencji, czyli nakładania się fal,
- tłumienia.

Występujące w przyrodzie dźwięki są zazwyczaj złożone. Można je opisać następującymi parametrami:

- częstotliwością f , czyli liczbą okresów zmian ciśnienia akustycznego p lub prędkości v/s , w Hz,
- ciśnieniem akustycznym p , czyli skuteczną (RMS) wartością wahań ciśnienia powodowanego przez falę dźwiękową w N/m lub w Pa,

- natężeniem dźwięku J , czyli ilości energii przenoszonej w jednostce czasu przez jednostkę powierzchni ustawioną prostopadłe do kierunku rozchodzenia się fali w W/m ,
- mocą akustyczną $N_a = J S$, w W , gdzie S jest powierzchnią pomiarową prostopadłą do kierunku rozchodzenia się fali,
- czasem pogłosu pomieszczenia T , czyli czasem, w którym zawarta w pomieszczeniu w stanie ustalonym energia dźwiękowa, wytworzona przez kuliste źródło dźwięku, maleje po jego wyłączeniu do jednej milionowej swojej pierwotnej wartości, czyli o 60 dB.

Dźwięki niepożądane, które wywierają działanie:

- zakłócające,
- utrudniające rozumienie mowy,
- podnoszące próg słyszenia (czasowo lub trwale),
- oddziałujące niekorzystnie na cały organizm człowieka zwą się hałasem. W zależności od zastosowanego kryterium można rozróżnić wiele rodzajów hałasu. Tabela 16.4. przedstawia ten podział.

TABELA 16.4.

Rodzaje hałasu w zależności od zastosowanego kryterium

KRYTERIUM	Przyczyna powstania	Zakres częstotliwości	Przebieg czasowy
	<i>aerodynamiczny</i>	<i>infradźwięki</i>	<i>ustalony</i>
	<i>kommunikacyjny</i>		
RODZAJ	<i>mechaniczny</i>	<i>słyszalny</i>	<i>nieustalony</i>
HAŁASU	<i>przepływowy</i>		
	<i>komunalny</i>		
	<i>i inne</i>	<i>ultradźwięki</i>	<i>impulsowy</i>

Źródłem hałasu praktycznie może być wszystko co nas otacza, gdyż określenie to związane jest z subiektywnym wrażeniem. Zróznicowanie źródeł może dotyczyć: intensywności, zakresu częstotliwości (charakterystyki widmowej), charakterystyki kierunkowości oraz przebiegu czasowego. Wprowadzony podział kieruje się następującą zasadą:

- *za ustalony* przyjmuje się przebieg, który nie zmienia się w czasie więcej niż 5 dB, a pomiar został wykonany przyrzędem o dynamice S (słów) i z korektorem typu A ,
- *za nieustalony* - gdy zmiana ta jest większa niż 5 dB (zasady pomiaru jw.),
- *za impulsowy* - gdy składa się z wielu przebiegów, a każdy z nich jest krótszy od 0,2 sek. oraz występuje różnica poziomów mierzonych wg dynamiki S i I (impuls) większa od 4 dB.

Poziom "A" oznacza, że pomiar został wykonany przy pomocy filtrów typu A uwzględniających charakterystykę ucha ludzkiego. Korektor typu LIN rozpatruje odebrany sygnał wiernie z emisją.

Infradźwięki - (wg PN i ISO) - są to dźwięki lub hałas o częstotliwości 2-6 Hz, nie zawierających wyraźnych składowych poniżej 1 Hz i powyżej 20 Hz. Poza nimi, mianem niskiej częstotliwości przyjęto określać drgania o częstotliwości od 10 do 100 Hz. O istnieniu infradźwięków w widmie hałasu mogą wstępnie informować różnice we wskazaniach poziomu "Lin" i "A". Jeżeli różnice te będą: ≤ 10 dB, to udział ich jest pomijalny, 10-20 dB - możliwy jest udział infradźwięków, ≥ 20 dB - udział ich staje się istotny. Infradźwięki mogą być słyszane przez człowieka, ale o tak dużych poziomach, że są już drażniące.

Cechy infradźwięków:

- bardzo małe pochłanianie w ośrodku (o kilka rzędów wielkości mniejsze niż fale akustyczne),
- duże rozprzestrzenianie się, gdyż są to fale długie (np.: fala o $f = 16$ Hz ma długość $l = 22$ m,
- klasyczne pochłanianie $\sim f^2$.
- nieskuteczność przegród,
- wzmacnianie fal na skutek zjawiska rezonansu: pomieszczeń, elementów konstrukcyjnych lub całych obiektów,
- wzrost oddziaływania w oddalonych pomieszczeniach.

Źródła hałasu infradźwiękowego stanowią w przemyśle: maszyny i urządzenia przepływowe, sprężarki, silniki wysokoprężne, młoty, wentylatory, dmucha- wielkopiecowe, zrzuty mediów energetycznych, oscylujące masy wody w zaporach i kanałach doprowadzających, transport wodny, lądowy i powietrzny. Ocenę hałasu infradźwiękowego przeprowadza się według obowiązującej nor-my. W chwili obecnej jest nią Polska Norma PN-86/N-01338. Hałas infradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomów ciśnienia na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów. Wg niej, dla drgań w zakresie od 2 - 20 Hz wartości dopuszczalne poziomu ciśnienia akustyczne-go w zależności od pomieszczenia przedstawiają się następująco:

- hala fabryczna 110 dB
- kabiny obsługi 90 dB
- pomieszczenia administracyjne 90 dB

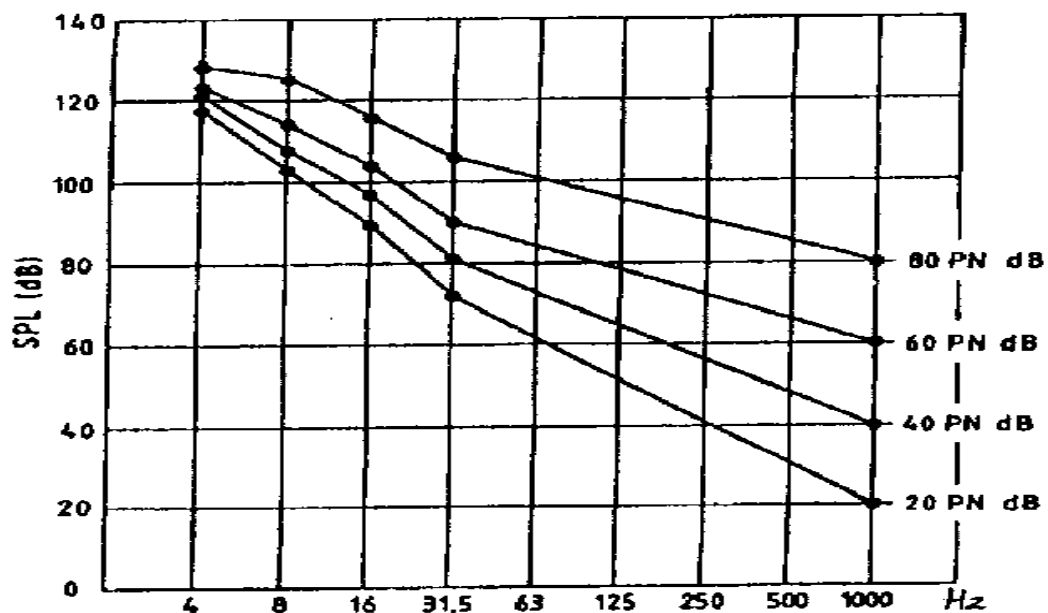
Określono w niej także kryteria higieniczne dla hałasu infradźwiękowego:

- maksymalny dopuszczalny poziom "p" \leq wartości ustalonych dla $t = 1$ min,
- na wszystkich stanowiskach pracy dla $f_{sr} = 4$ i 8 Hz $p \leq 110$ dB, a dla $f = 31,5$ Hz, $p \leq 105$ dB przy 8 godz. ekspozycji,
 - czas rejestracji poziomów ciśnienia nie powinien być < 60 " ,
 - czas uśredniania sygnału w mierniku nie powinien być < 10 " ,
 - czas rejestracji powinien uwzględniać zmiany poziomu ciśnienia.

W praktyce poziomy przekraczające wartości dopuszczalne są przekraczane:

- raczej rzadko przy maszynach,
- prawie zawsze w kabinach dźwiękoizolacyjnych (zwłaszcza dla $f = 8$ i 16 Hz).

Działanie infradźwięków na człowieka może być wielokierunkowe. Są odbierane przez receptory czucia, przy czym progi percepcji czucia tych drgań znajdują się o 20-30 dB niżej niż dla progu powietrznego. Odbierane są również przez narząd słuchu, zwłaszcza przez część przedsionkową ucha. Wartość progu słyszenia zależna jest od częstotliwości: dla $f = 6-8$ Hz wynosi 100 dB, dla $f = 12-16$ Hz - 90 dB. Podobnie wraz z częstotliwością zmienia się i próg bólu: dla $f = 2$ Hz wynosi 162 dB, a dla $f = 20$ Hz - 140 dB. Przy niewielkich przekroczeniach wartości progowych działanie staje się już uciążliwe. Poziomem krytycznym jest wartość 75 dB. Powyżej niej, względnie małe zmiany poziomu ciśnienia wywołują duże zmiany w od-czuciu stopnia dokuczliwości. Pod wpływem infradźwięków może dojść do zmian w ośrodkowym układzie nerwowym: spadek stanu czuwania, senność, zakłócenie snu i odpoczynku, dyskomfort, nadmierne zmęczenie, zaburzenia: równowagi, fizjologiczne i sprawności psychomotorycznej, stany lękowe i wrażenie opresji. Daje się też zauważyć silne działanie na struktury i funkcje narządów wewnętrznych organizmu ze względu na występujące zjawisko rezonansowe. Istotną rolę odgrywa też poziom drgań: przy 100 dB występuje nieprzyjemne wibrowanie wnętrza ciała, zwłaszcza w okolicy klatki piersiowej i jamy brzusznej oraz "głuchy" ucisk w uszach. Wg Möllera, dokuczliwość hałasu infradźwiękowego w ocenie subiektywnej przebiega zgodnie z tzw. krzywymi jednakowej dokuczliwości (rys.16.7.). Leżą one blisko siebie, co oznacza, że względnie małe zmiany w poziomie ciśnienia akustycznego wywołują duże zmiany w odczuciu dokuczliwości. Wskazywać to może na kierunek ograniczenia dokuczliwości tego czynnika.



Rys. 16.7. Krzywe jednakowej dokuczliwości hałasu infradźwiękowego.

Sposoby ograniczenia zagrożeń hałasu infradźwiękowego:

- ściany zaporowe z piasku,

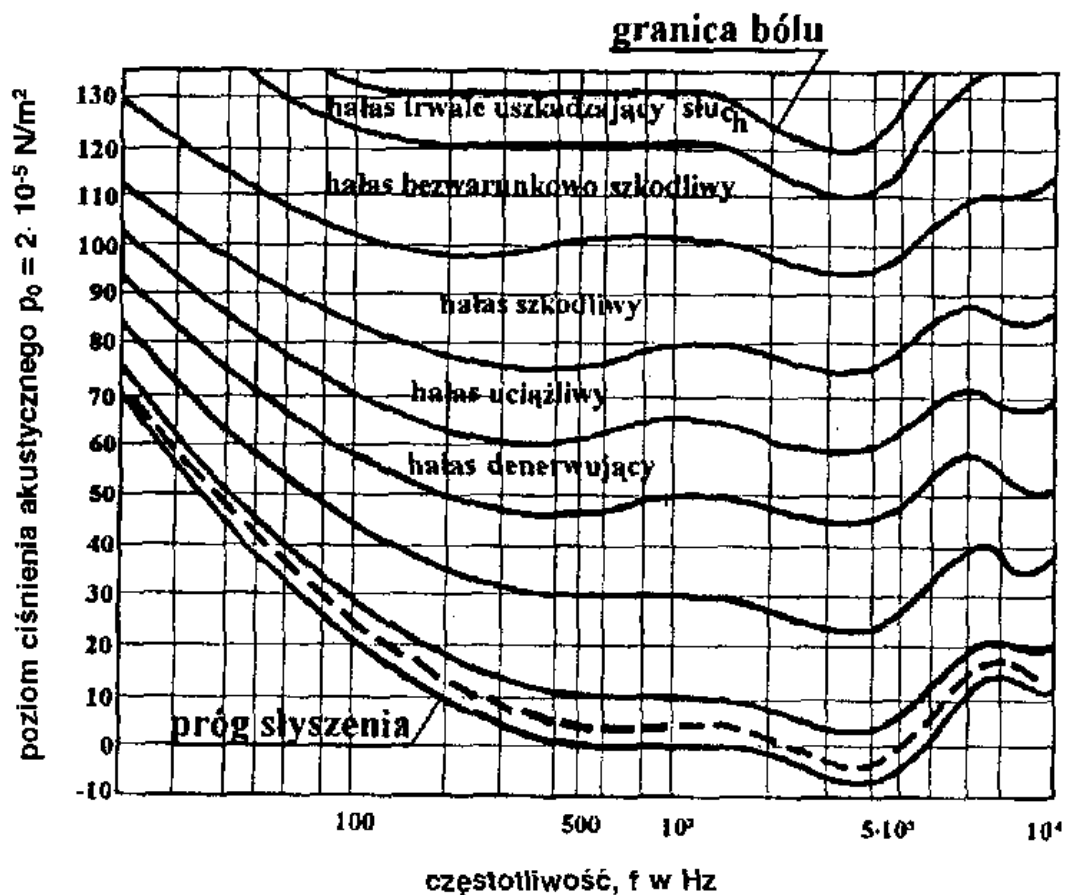
- aktywne pochłanianie hałasu infradźwiękowego,
- kompensacja dźwięku,
- stosowanie zasady superpozycji,

Hałas słyszalny - wg krajowych i międzynarodowych standardów, hałas jest oceniany według następujących kryteriów:

1. dokuczliwości,
2. uciążliwości,
3. rozumienia mowy,
4. ochrony słuchu,
5. szkodliwości.

Rysunek 16.8. przedstawia wartości określające ww. podział. Wszystkie reakcje człowieka zawarte są w obszarze wytyczonym przez próg słyszenia (od dołu) i próg bólu (od góry). Ze względu na psychiczny oddźwięk tego zjawiska opis tych reakcji został odniesiony do parametru subiektywnego jakim jest poziom głośności wyrażany w fonach. I tak:

- do 50 fonów dźwięki są nieszkodliwe,
- od 50-65 fonów - denerwujące (towarzyszą im reakcje psychiczne),
- 65-80 fonów - uciążliwe (zwłaszcza narażony jest układ wegetatywny),
- 80-100 fonów - szkodliwe (oddziałują na narząd słuchu), - 100-120 fonów - bezwarunkowo szkodliwe,
- powyżej 120 fonów może nastąpić trwałe (mechaniczne) uszkodzenie narządu słuchu.



Rys. 16.8. Strefy działania hałasu na człowieka

Ogólnie działanie hałasu można rozpatrywać w aspekcie słuchowym i poza słuchowym. Jego działanie na narząd słuchu zależy od następujących czynników:

- parametrów fizycznych opisujących warunki akustyczne w jakich przebywa człowiek tzn:
 - poziomu ciśnienia akustycznego L , jego przebiegu czasowego, kierunkowości źródła G , częstotliwości f ,
 - bodźce o poziomie $L < 75-80 \text{ dB}$ nie mają negatywnego wpływu na ten narząd nawet po długim okresie działania,
 - w miarę wzrostu poziomów emitowanego dźwięku wzrasta jego negatywne oddziaływanie: najpierw w postaci czasowego podwyższenia progu słyszenia (TTS), który później przeradza się w stały (PTS),
 - dla dużych poziomów lub nagłych zmian może nastąpić uszkodzenie struktur anatomicznych ucha (perforacja błony),
 - najbardziej niebezpieczne są dźwięki o średniej i wysokiej częstotliwości, gdyż dla nich największa jest czułość ucha,
 - hałas impulsowy jest szczególnie szkodliwy, ze względu na dużą bezwładność mechanizmów ochronnych narządu, które w tak krótkim czasie nie mogą być uruchomione,
- czasu narażenia na hałas t_n ,
 - ekspozycja ciągła na hałas jest bardziej szkodliwa niż przerywana, wiąże się to z regeneracją słuchu,

- czasu przerw tp,
 - największa regeneracja słuchu występuje w pierwszych minutach przerwy, gdyż taka jest dynamika poprawy,
- wieku, płci narażonego,
 - wraz z upływem lat życia występuje tzw. fizjologiczny ubytek słuchu na skutek sztywnienia błon i połączeń kostnych,
 - wraz z upływem lat życia zmniejsza się górny zakres częstotliwości słyszalnych,
 - kobiety gorzej reagują na dźwięki niskie, a mężczyźni - na wysokie, jest to uwarunkowane fizjologicznie,
- psychofizycznych odporności i wrażliwości człowieka,
- uwarunkowań genetycznych i stanu zdrowotnego.

Poza słuchowe skutki działania hałasu:

- zaburzenia układu nerwowego:
 - wpływ na układ krwionośny: zwężenie naczyń krwionośnych, zaburzenia pracy serca, wzrost ciśnienia tętniczego krwi, choroba wieńcowa,
 - w czynnościach wydzielniczych gruczołów: zaburzenia poziomu cukru, przyspieszenie przemiany materii,
 - narządu równowagi,
 - wpływ na układ trawienny: choroby wrzodowe ,
 - zmniejszenie i spowolnienie ruchu narządów zbudowanych z mięśni gładkich,
 - spadek sprawności pamięci, spostrzegania, stopnia uwagi, zdolności orientacji w przestrzeni oraz wzrost czasu reakcji,
 - wystąpienie reakcji alarmowych takich jak: marszczenie, mrużenie po-wiek, drgania ciała, spadek ostrości wzroku,
- utrudnienie w porozumiewaniu się,
- zakłócenia w odbiorze informacji, które są przyczyną błędów, stwarzają niebezpieczeństwo, mogą prowadzić do wypadków,
- wzrost podatności na zachorowania,
- gospodarcze:
 - szybsze zużywanie się środków produkcji,
 - zmniejszony eksport,
 - zmniejszenie przydatności terenów zagrożonych hałasem pod budownictwo specjalne: szpitale, sanatoria, przedszkola, szkoły, mieszkania.

Przed działaniem hałasu można zabezpieczyć się stosując jedną lub kilka poniżej przedstawionych możliwości ([tabela 16.5](#)).

Metody zwalczania hałasu

METODY ZWALCZANIA HAŁASU

TECHNICZNE

AKTYWNE

- * *użycie dodatkowych źródeł energii*

OCHRONY OSOBISTE

- * *wkładki do przewodu usznego*
- * *nauszniki*
- * *hełmy*

KLASYCZNE

U ŹRÓDŁA EMISJI

- * *łożyska*
- * *silniki*
- * *przekładanie*
- * *zrzuty mediów*
- * *i inne*

NA DRODZE PROPAGACJI

- * *adaptacja akustyczna pomieszczeń*
- * *ekrany*
- * *obudowy*

U ODBIORCY

- * *kabiny*

PRAWNO-ORGANIZACYJNE

- * *usytuowanie budynku w przestrzeni*
- * *lokalizacja poszczególnych pomieszczeń ze względów wymagań akustycznych*
- * *rozmieszczenie źródeł hałasu w oparciu o: ich charakterystykę kierunkową, geometrię pomieszczenia, jego T, chłonność i inne parametry*
- * *kontrola czasu pracy*
- * *ograniczenia, nakazy i zakazy*

Powyżej górnej granicy częstotliwości słyszalnej mieszczą się ultradźwięki. Ich ściślejszy podział dzieli je na:

- niskoczęstotliwościowe, które zawarte są od 16 - 100 kHz,
- wysokoczęstotliwościowe: od 100 - 10¹⁰ kHz,
- hiperdźwięki - powyżej 10¹⁰ kHz.

Można je wytwarzać przemysłowo następującymi metodami:

- mechanicznymi (do 200 kHz),
- magnetycznymi, opartymi na zjawisku magnetostrykcji (zmiana kształtu i rozmiaru ferromagnetyka pod wpływem magnesowania),
- elektrycznymi, opartymi zwłaszcza na zjawisku elektrostrykcji (do 1000 kHz, co $\Rightarrow \lambda=1\mu\text{m}$).

W środowisku naturalnym nie występują ultradźwięki szkodliwe dla organizmu. Zresztą zasięg działania tych fal jest nie duży, gdyż przy tak wysokich częstotliwościach długość fal jest mała. Charakteryzują się znacznymi poziomami, co wskazuje na pewne analogie do fal świetlnych. Ich cechy charakterystyczne to:

- prawa odbicia takie, które obowiązują w optyce,
- możliwość tworzenia wiązek ultradźwiękowych,
- rozchodzenie się tych fal odbywa się po liniach prostych,
- zjawisko ugięcia występuje w stopniu minimalnym.

Ponadto są one pochłaniane przez powietrze. Tłumienie to wynosi ~ 4 dB /m. Dla 500 kHz wzrasta już do 40 dB /m. Za górną granicę kontrolowanego zakresu częstotliwości przyjmuje się 100 kHz. Powyżej niej rozpatrywanie zagrożeń jest nieuzasadnione, gdyż ich szkodliwe działanie występuje jedynie w pobliżu samych źródeł. Za dolną granicę przyjmuje się 10 lub 20 kHz. Granicę bezpiecznej pracy określono na podstawie badań eksperymentalnych. Dopuszczalne wartości poziomu hałasu ultradźwiękowego, w zależności od ich częstotliwości, w odniesieniu do 8 godzinnej ekspozycji, podano w tabeli 16.6. Dla omawianego czynnika ma zastosowanie prawo dozowania, wg którego wielkość dawki jest proporcjonalna do czasu ekspozycji. Aktualne normy (PN-86/N-01321. Hałas ultradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dot. pomiarów.) określają również dawkę, która niezależnie od czasu, w żadnej sytuacji nie powinna być przekraczana. Jest nią wartość 130 dB. Stopień szkodliwości hałasu ultradźwiękowego zależy od:

-wielkości dawki i jej zakresu częstotliwości,

- czasu ekspozycji,
- rodzaju tkanki i wielkości powierzchni ciała.

TABELA 16.6.

Dopuszczalne i maksymalne wartości poziomu hałasu ultradźwiękowego w zależności od częstotliwości w odniesieniu do 8 godz. ekspozycji wg PN-86/N-032

<i>f w kHz</i>	10	12,5	16	20	25	31,5; 40; 50; 63; 80; 100
<i>POZIOM A L w dB</i>	80	80	80	90	105	110
<i>POZIOM MAX. L w dB</i>	100	100	100	110	125	130

Działanie ultradźwięków na człowieka może mieć charakter ogólny i miejscowy. Drgania do ciała człowieka wnikają drogą kontaktową. Najsilniej działają na tkanki miękkie takie jak: mózg, gruczoły wydzielania wewnętrzne, gałkę oczną oraz na układ kostny płodu. Ich działanie może mieć charakter:

- mechaniczny, który polega na wytwarzaniu miejscowych rozrzedzeń i zagęszczeń generujących przemienne siły ściskające i rozciągające, powodujące zmiany w strukturze białka (rozrywanie i rozszczepianie),
- cieplny, który polega na zamianie energii drgań na energię cieplną, pochłanianą przez organizm,

- chemiczny, zwłaszcza dla $f > 100$ kHz, przy czym dla dawki od $1,5-3 \text{ W/cm}^2$ następuje wymieszanie protoplazmy i zmiana przepuszczalności błon komórkowych, natomiast powyżej 3 W/cm^2 mają miejsce zmiany morfologiczne (rozpad czerwonych ciałek krwi).

Inny podział skutków oddziaływania ultradźwięków na człowieka obejmuje działanie na:

- narząd słuchu, zwłaszcza na przedsionkowy w uchu wewnętrznym, w wyniku czego pojawiają się: bóle i zawroty głowy, zaburzenia równowagi, nudności, senność i nadmierne zmęczenie; mogą też pojawiać się ubytki słuchu dla częstotliwości subharmonicznych składowej podstawowej ultra-dźwięków,
- całą powierzchnię ciała:
 - zaburzenia w pracy układu krwionośnego: pogorszenie ukrwienia serca i tkanek obwodowych, spadek ciśnienia tętniczego krwi, nadbarwliwość krwi, wyraźne zwolnienie akcji serca, nagłe blednięcie lub zaczerwienienie skóry szyi i twarzy,
 - zaburzenia układu nerwowego: wzmożona pobudliwość, rozdrażnienie, zmienność nastrojów, dysfunkcja gruczołów dokrewnych (zwłaszcza tarczycy i płciowych),
 - zaburzenia procesów metabolicznych i termoregulacyjnych (ocieplenie skóry).
 - mogą wystąpić też zjawiska dodatkowe jak niszczenie komórek.

Sposoby ograniczenia hałasu ultradźwiękowego:

1. organizacyjne:

- zmniejszenie czasu trwania procesu ultradźwiękowego,
- zmniejszenie czasu przebywania przy źródle,
- grupowanie urządzeń w celu zmniejszenia zasięgu pola,
- wprowadzenie oznakowania zagrożonej przestrzeni,
- praca brygadowa,
- wprowadzenie przerw i pomieszczeń do odpoczynku,

2. na drodze propagacji:

- wprowadzenie dużej liczby przegród (wielowarstwowość),
- zapewnienie jak największej szczelności obudów,

3. zastosowanie środków ochrony osobistej: wielowarstwowa odzież ochronna, hełmy, przyłbice na całą twarz ze szkła lub pleksiglasu,

4. opieka i kontrola lekarska.

Zanieczyszczenia pyłowe i gazowe

Pył przemysłowy - tj. aerozol, którego fazę rozproszoną w powietrzu stanowią cząsteczki stałe (ziarna) i pochodzi z procesów produkcyjnych. Inną formą zanieczyszczeń są dymy (zawiesina cząsteczek stałych i gazów lub cieczy) oraz mgły (zawiesina małych cząsteczek cieczy). Wytwarzanie pyłu w przemyśle może odbywać się na drodze:

1. dezintegracji, czyli w wyniku rozdrobnienia ciał stałych, np.: kruszenie, mielenie, szlifowanie itd. Wymiary tych cząstek nie są zatem regularne i jednorodne, noszą wówczas nazwę polidispersyjnych.
2. kondensacyjnej, czyli skraplania się lub zestalania par metali bądź innych związków, są monodispersyjne tzn. jednakowych (prawie) rozmiarów i regularnych kształtów .

TABELA 16.7.

Skład i cechy zanieczyszczeń powietrza

ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA

PYŁY

NEUTRALNE

TOKSYCZNE

SUBSTANCJE GAZOWE W STANIE NATURALNYM

** o zagrożeniu wybuchu*

** o zagrożeniu toksycznym*

PARY SUBSTANCJI CIEKŁYCH I GAZOWYCH O WYSOKIEJ PRĘŻNOŚCI

** o zagrożeniu toksycznym*

** o zagrożeniu wybuchu*

Ze względu na cele wentylacyjne klasyfikuje się pyły pod względem wymiarów na pyły o rozdrobnieniu:

- makroskopowym (nie wykazujące ruchów Browna): 1000 - 1 μ m,
 - gruby: 1000 - 500 μ m,
 - średni: 500 - 50 μ m,
 - drobny: 50 - 5 μ m (ta frakcja stanowi 70-90 % wszystkich wystę- pujących w przemyśle pyłów),
 - bardzo drobny: 5 - 1 μ m,
- koloidalnym (wykazujący ruchy Browna) tzw. pył dyspersyjny i kondensa cyjny - 1 do 0,001 mm:
 - gruby: 1 - 0,2 mm,
 - drobny: 0,2 - 0,02 mm,
 - bardzo drobny: 0,02 - 0,002 mm,
 - subkoloidalny: 0,002 - 0,001 mm.

W zależności od pochodzenia wyróżnia się pyły:

- organiczne: roślinne i zwierzęce,
- nieorganiczne: pyły metali, substancji chemicznych i mineralne (kwarc, cement, wapień),
- mieszane,
- radioaktywne.

Ocenę higieniczną narażenia człowieka na działanie pyłu przeprowadza się w oparciu o podział, który bierze pod uwagę właściwości jego działania. Wyróżnia się wówczas pyły o działaniu :

- zwłókniającym (pylico twórczym), są to pyły pochodzenia mineralnego zawierające krystaliczny dwutlenek krzemu (krystaliczna krzemionka) w postaci: kwarcu, krystobalitu, trydymitu oraz pyły krzemianów (azbest, mika, talk i splot polny),
- drażniącym - pochodzące z nierozpuszczalnych ciał stałych np.: korund, szkło itp., ponadto pyły niektórych metali i ich tlenków, pyły organiczne i tworzyw sztucznych,
- alergizującym - pochodzenia organicznego takie jak: bawełna, len, tytoń, zboże, siano i nieorganicznego wielu substancji chemicznych takich jak: leki, tworzywa sztuczne itd.,
- toksycznym - np.: związki ołowiu, miedzi, wanadu i in.,
- kancerogennym takie jak: nikiel, arsen, chrom, kobalt, uran,
- radioaktywnym - pierwiastki promieniotwórcze,
- chromatograficznym - np.: rtęć, żelazo, miedź,
- infekcyjnym, jeżeli pył zawiera bakterie, grzyby, pasożyty lub pleśń.

Zdolność utrzymania się w powietrzu ziaren pyłu zależy od następujących parametrów :

- wielkości, kształtu i ciężaru właściwego ziaren,
- zjawisk termodyfuzji (ruchy cząstek spowodowane działaniem temperatury tzw. prądami konwekcyjnymi),
- zjawisk fotoforezy (ruchy cząstek spowodowane działaniem światła),
- zjawisk mechanicznych.

Działanie zanieczyszczeń pyłowych na organizm człowieka zależy od:

- rodzaju pyłu,
- składu chemicznego i toksyczności,
- wielkości dawki (stężenia),
- wielkości poszczególnych cząsteczek (dyspersji) i ich kształtu,
- czasu działania ,
- rozpuszczalności pyłu w płynach ustrojowych,
- sposobu wprowadzenia pyłu do organizmu,
- stanu zdrowotnego organizmu.

Pył może przenikać do organizmu trzema drogami:

1. przez skórę; ilość przenikająca tą drogą jest niewielka, jeżeli pył jest nielotny zatyka pory skóry, utrudnia oddychanie, parowanie, może być raniący, jeśli jest toksyczny - może prowadzić: do odczynów zapalnych o różnym stopniu nasilenia, do innych objawów chorobowych wynikających z jego zagrożenia toksycznego, do raka skóry włącznie,
2. przez przewód pokarmowy; ilość pyłów przenikająca tą drogą jest niewielka, nie są groźne o ile nie są toksyczne, niektóre z nich mogą jednak reagować z sokami żołądkowymi, w wyniku czego mogą powstać substancje silnie toksyczne, rozprowadzone po całym organizmie przez układ krwionośny,

3. przez drogi oddechowe (główny atak):

- w górnych drogach oddechowych zatrzymują się pyły o wymiarach $> 50 \mu\text{m}$,
- do dolnych dróg oddechowych przedostają się pyły o wymiarach $< 5 \mu\text{m}$,
- najpoważniejsze zagrożenie stanowią frakcje o rozmiarach 1,5 - 0,2 μm .

Decydującą rolę w przedostawaniu się pyłu w głąb dróg oddechowych ma dyspersja. Pyły przedostające się do dolnych dróg oddechowych mogą w nich być: kumulowane, lub powodować zwłóknienie tkanki płucnej (zwłaszcza przez wolną krzemionkę), co jest najpoważniejszym zagrożeniem. W konsekwencji tego może występować gruźlica lub rak płuc. Zmiany pyliczne zachodzące w płucach wcześniej możliwe są do uchwycenia w rogówce oka (tzw. pylica rogówki). Mogą być zatem traktowane jako sygnał ostrzegawczy. Wywołują ją pyły o wymiarze $< 0,5 \text{ mm}$. Objawami są: zmniejszenie czucia rogówki i jej stan zapalny, ból oczu, łzawienie, światłowstręt. Może wystąpić też pyliczne zapalenie powiek.

Bardzo groźnym czynnikiem jest azbest. Zawiera on bowiem 40% czynnie działających związków krzemu. Azbest ma właściwości kumulacyjne, drażniące i kancerogenne (rakotwórcze).

Metodyka pomiarowa pyłów przemysłowych opiera się na pomiarach:

- ogólnego stężenia pyłów ,
- rozkładu (dyspersji) wielkości ziaren pyłu (określenie frakcji respirabilnej) ,
- zawartości wolnej krzemionki SiO_2

Dla określenia ogólnego stężenia pyłów i dyspersji stosuje się następujące metody:

- wagowe (filtracyjna, 2-stopniowa, wykonywana w polu elektrostatycznym),
- mikroskopowe (dyspersji),
- konimetryczne (tylko w kopalniach),
- reflektometryczne.

Dla określenia zawartości wolnej krzemionki w pyłach stosuje się metody: chemiczne, grawimetryczne, kolorymetryczne, termoróżnicowe, rentgenograficzne. W Polsce najczęściej stosuje się metodę kolorymetryczną Poleżajewa. Obecnie ocenę zagrożenia przeprowadza się w odniesieniu do tzw. NDS-ów, czyli najwyższych dopuszczalnych stężeń określonych przez rozporządzenie R.M. Płacy, Pracy, i Spraw Socjalnych z dn. 22.12.1982 r. Dz. U. Nr 43. poz. 286 i Dz. U. Nr 40 poz. 195 z dn. 2.08.1985 r.

Wg metody wagowej zalecenia NDS-ów wprowadzają następującą klasyfikację:

- | | |
|--|--------------------|
| 1. pył zawierający $\text{SiO}_2 > 50\%$ | 2 mg/m^3 |
| 2. pył zawierający $\text{SiO}_2 < 50\%$ | 4 mg/m^3 |
| 3. pył azbestowy | 2 mg/m^3 |
| 4. pył grafitu | 2 mg/m^3 |
| 5. inne nietrujące, przemysłowe | 10 mg/m^3 |

W celu polepszenia warunków pracy zaleca się stosowanie wentylacji: nawiewnej, wywiewnej, która może być typu: ogólnego, miejscowego lub lokalnego.

Substancje toksyczne

Liczba związków chemicznych stanowiących zagrożenie toksyczne dla człowieka jest wielka i jak dotąd nie określona. Charakter i rozmiary tego zagrożenia uzależnione są od:

- sposobu i siły działania biologicznego substancji,
- stopnia ich powinowactwa do tkanek i narządów ustroju,
- dawki trucizny,
- czasu ekspozycji,
- odporności i wrażliwości osobniczej, wieku, stanu zdrowia,
- sposobu jej wprowadzenia do ustroju.

Wchłanianie ich odbywać się może poprzez:

- drogi oddechowe, któredy przedostają się trucizny w postaci gazów, par, mgieł i dymów,
- przewód pokarmowy (najmniejszy procent zagrożenia),
- przez układ włosowo - łojowy (pary rtęci),
- skórę.

Pyły toksyczne zawierają w swym składzie substancje toksyczne oraz np.: skondensowane na cząsteczce pyłu metale ciężkie takie jak: chrom (Cr), nikiel (Ni), rtęć (Hg), miedź (Cu), cynk (Zn), dymy, tlenki żelaza, mangan (Mn), zw. seleniu (Se). Pyły te pobiera się na sączki, a następnie wykonuje się ich analizę stosując następujące metody:

- absorpcji atomowej,
- fotometrii płomieniowej,
- kolorymetryczne,
- polarograficzne.

Większość ww. pierwiastków i związków zaliczana jest do kancerogennych. Wyższe węglowodory mogą zawierać również sadze, są więc także zaliczane do grupy kancerogennych.

Do grupy substancji gazowych o właściwościach wybuchowych zalicza się np.: wodór, acetylen, metan, propan (propan-butan), siarkowodór. Substancje z tej grupy posiadają także właściwości toksyczne jak: CO₂, CO, tlenki siarki, azotu.

Trzecią grupę stanowią pary:

- węglowodorów takich jak: benzyny ekstrakcyjnej, toluenu, ksylenu, styrenu, etylobenzenu, chlorobenzenu, dwuchlorostyrenu itd.
- alkoholi takich jak: metanol, etanol, propanol, dwuchlorobutanol, nafta i inne.

Obecnie znanych jest około 2,5 mln. związków chemicznych. Każdy z nich może być uznany za lek jak i za truciznę. Takie rozgraniczenie zależne jest od dawki związku. W wyniku kontaktu żywej tkanki, narządu z substancją toksyczną dochodzi do zaburzeń ich czynności lub uszkodzeń morfologicznych (budowy). Określane tj. mianem zatruć. Przebieg ich dotyczy: dróg oddechowych, zmysłu: smaku, powonienia, słuchu lub równowagi i może być zróżnicowany osiągając stan:

- **ostry**, który ma miejsce w przypadku jednorazowego wprowadzenia dużej dawki, cechuje się szybkim rozwojem objawów i dużym nasileniem (substancje narkotyczne),
- **podostry**, gdy przebieg zatrucia trwa > 24 godz., a objawy są wyraźne i nasilone,
- **przewlekły** lub **chroniczny**, kiedy trucizna wprowadzona jest do ustroju w małych dawkach, ale wielokrotnie, działanie jest skumulowane, zazwyczaj występują uszkodzenia narządów mięsnych.

Związki chemiczne mogą wywoływać reakcje zakwalifikowane do 3 grup zagrożenia:

I grupa o działaniu szybkim (5-30'), ostrym lub progowym, a efekcie:

- drażniącym (zwłaszcza postaci gazowe np.: amoniak, chlor, tlenki azotu, fosforan, chlorowodór, aldehyd mrówkowy, pięciotlenek wanadu),
- narkotycznym - działające zwłaszcza na system nerwowy (dwusiarczek węgla, szereg związków pochodnych benzenu),
- kumulatywnym - ujemny skutek biologiczny powstaje w wyniku kumulowania się wchłanianych każdorazowo małych dawek (w przyp. ołowiu, rtęci, manganu, nitrobenzenu, aniliny)

II grupa o efekcie:

- duszącym - powodujące głód tlenowy (CO, który blokuje drogi przenoszenia tlenu z płuc do tkanek),

III grupa o efekcie:

- kancerogennym (w przyp. benzydyny, betanaftyloaminy, nitrozodwumetyloaminy, betapropiolaktonu i produktów rozpadu teflonu).

Stopień toksyczności może być różny. Najszybciej działają związki gazowe, najwolniej - związki w stanie stałym. Można mówić o działaniu ogólnym i miejscowym. Znane jest dwu-fazowe działanie niektórych trucizn, występują bowiem późne następstwa ostrych zatruć. Trucizny często występują nie pojedynczo lecz grupowo. Może wówczas wystąpić jednoczesne działanie kil-ku trucizn (tzw. synergizm), np.: taki efekt występuje przy styczności z aromatycznymi związkami nitrowymi i aminowymi, gdy człowiek wypije nawet małą ilość piwa (etanol). Przeciwnościem synergizmu jest antagonizm, czyli osłabienie działania trucizny przez inny związek.

Poza stanowiskiem pracy, występują także zagrożenia pochodzące od środowiska. Są to:

- pestycydy, występujące w wodzie, w żywności,
- związki rtęci, występujące w wodzie, w żywności (zwłaszcza w rybach),
- gazy siarkowe (SO₂, H₂S, CS₂),
- metale,
- węglowodory,
- fenol - w rzekach,
- składniki tworzyw sztucznych,
- detergenty.

Jak dotąd nie wszystkie związki chemiczne zostały:

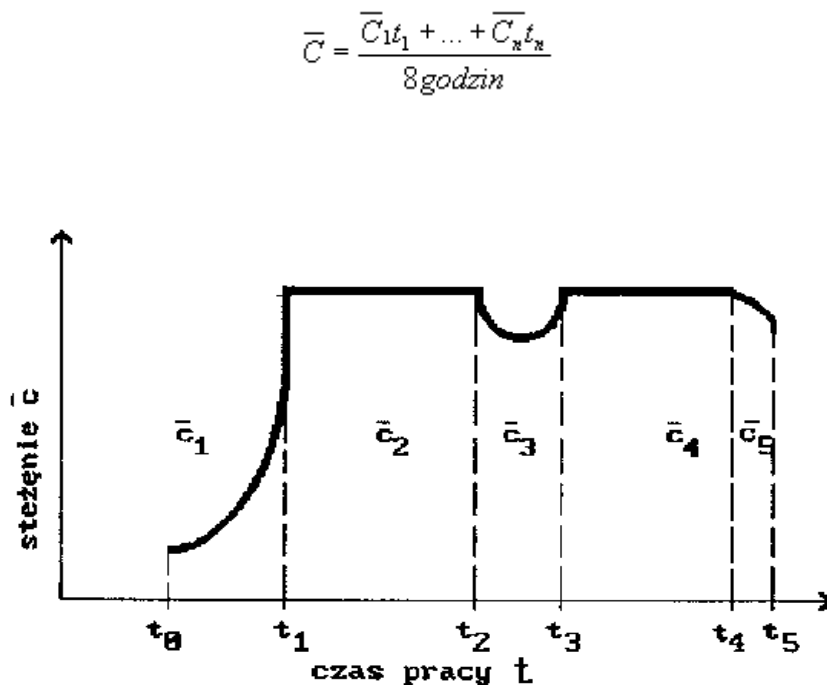
- dobrze poznane pod względem ich działania na organizm człowieka,
- określone co do wartości dawki uznanej za szkodliwą,
- zbadane, gdyż nie ma jeszcze opracowanych właściwych metod analitycznych do ich oznaczania.

W wyniku tego, na liście określającej NDS-y znajduje się obecnie zaledwie około 240 związków. Ocenę ich działania przeprowadza się w oparciu o:

- NDS - Najwyższe Dopuszczalne Stężenia substancji toksycznych, które określają najwyższe stężenie substancji w powietrzu stanowiska pracy ustalone jako wartości średnie ważone, których oddziaływanie na pracownika w ciągu godzin pracy w odniesieniu do całej jego aktywności zawodowej nie powinny spowodować niekorzystnych zmian w stanie jego zdrowia i jego przyszłych pokoleń,
- DSCh - Dopuszczalne Stężenie Chwilowe danej substancji - najwyższe, ale występujące w powietrzu na stanowisku pracy przez okres 30 minut,
- DSB - Dopuszczalne Stężenie Biologiczne - o dużo niższych wartościach niż NDS-y, określa najwyższe dopuszczalne substancje szkodliwe, oznaczone w materiale biologicznym (mocz, krew, włosy - rtęć, kadm, ołów, arsen, chlor, selen).

Z definicji NDS-u wynika, że w zależności od czasu (odcinki czasowe wyznaczone są ze względu na to, czy występuje zmiana stężenia, czy też nie) należy obliczyć [1] - średnie stężenie ważne \bar{c} (rys.16.9. przedstawia wykres $c = f(t)$).

[1]



Rys. 16.9. Czasowe ujęcie cząstkowych stężeń gazowych na przestrzeni jednostki roboczej

Ocenę zagrożenia wykonuje się w oparciu o różne kryteria w zależności od stopnia zagrożenia:

I grupa:

W przypadku działania addytywnego substancji drażniących, uczulających, wywołujących objawy zatrucia w $t < 0,5$ godziny proporcjonalnie do pochłoniętej dawki przy stężeniu max., mierzone jest maksymalne stężenie pod-czas zmiany roboczej, które konfrontowane jest z NDS-em. Jeżeli występuje kilka substancji chemicznych, to należy obliczyć łączne ich zagrożenie (Ł.Z.), które jest równe sumie poszczególnych substancji składowych:

- jeżeli $\sum Z < 1$, to nie stanowi ono zagrożenia zawodowego dla pracownika,
- jeżeli $\sum Z > 1$, - stanowi zagrożenie.

[2]

$$\sum Z = \frac{C_{W1}}{NDS_1} + \frac{C_{W2}}{NDS_2} + \dots + \frac{C_{Wn}}{NDS_n} \leq 1$$

II grupa:

W przypadku działania kumulatywnego, tzn. występują małe dawki, ale kumulują się w organizmie za względu na długi czas działania (pary metali ciężkich, nitro i aminozwiązki), pomiar wykonuje się dla stężeń średnich ważonych wg wzoru [1].

Kryterium oparte jest na sumowaniu wchłanianych dawek. Wyniki obliczeń porównuje się z NDS-em.

III grupa:

W przypadku działania kancerogennego zalecana jest: stała kontrola wielkości narażenia, utrzymanie tych substancji na możliwie najniższym poziomie lub nawet wykluczenie.

W zależności od stanu skupienia badanych substancji (gaz, pary, aerozole) stosuje się następujące metody poboru próbek z powietrza:

1. **aspiracyjne** - przepuszczanie badanego powietrza przez pochłaniacz w przypadku aerozoli w postaci dymu, dla pyłu stosuje się saszki,
2. **izolacyjna** - pobór do pojemnika próbek powietrza i wprowadzenie doń odczynnika reagującego z badanym związkiem.
3. **wskaźnikowa** - pochłanianie par i gazów następuje w absorbentach stałych nasyconych związkami chemicznymi w wyniku czego uzyskuje się związek barwny z substancją badaną.

Metody te służą raczej do doraźnej kontroli warunków pracy.

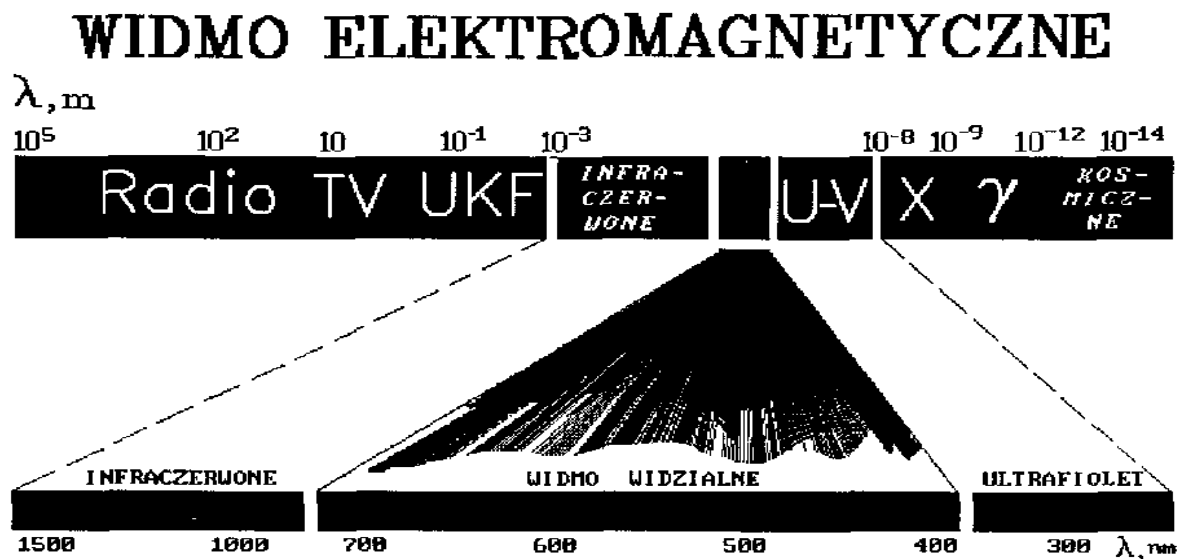
Specyficzny rodzaj zanieczyszczeń stanowią zapachy, które są wskaźnikiem toksyczności dla niektórych substancji. Pełnią one funkcję ostrzegawczą w przypadku zagrożenia. Działają na zmysł powonienia. W przypadku dużych bodźców węchowych może wystąpić najpierw zjawisko adaptacji, a następnie zmęczenie chemoreceptorów tego narządu, ograniczając zakres percepcji węchowej.

Promieniowanie elektromagnetyczne (e-m)

Najbardziej rozpowszechnionym w przyrodzie jest promieniowanie elektromagnetyczne (e-m). Poszczególne zakresy tego promieniowania pełnią różne funkcje. Zostało to przedstawione w tabeli 16.8.

Źródła promieniowania mogą znajdować się w polach otwartych lub zamkniętych. Właściwości promieniowania e-m zmieniają się wraz z jego częstotliwością. Mogą być dla zdrowia człowieka neutralne, korzystne, lub negatywne. Promieniowanie szkodliwe może być typu jonizującego i nie jonizującego.

Działanie organizmu jako systemu o wysokiej organizacji biologicznej, z cybernetycznego punktu widzenia, oparte jest na zasadzie sprzężeń zwrotnych. Wzajemne oddziaływanie występuje między tak różnymi czynnikami jak: temperatura ciała, przewodnictwo elektryczne i ciepłne, naprężenia i de-formacje mechaniczne, elektroliza, elektroosmoza, polaryzacja i efekty rezonansów molekularnych i jądrowych oraz prądami indukowanymi przez pole e-m. Niektóre z tych sprzężeń są dodatnie, inne ujemne. Po dłuższym działaniu pola e-m rozpoczyna się stopniowo narastający proces lawinowy, przebiegający w pewnym określonym kierunku do czasu, dopóki sprzężenie ujemne nie zdoła go zatrzymać lub ustabilizować.



Rys. 16.10. Długości fali elektromagnetycznej w ujęciu graficznym

Nazwa, zakres i wykorzystanie promieniowania elektromagnetycznego

<i>Częstotliwość w MHz</i>	<i>Nazwa</i>	<i>Miejsce wykorzystania</i>
<i>poniżej 0,2</i>	<i>fale długie</i>	<i>sieć przestrzenna</i>
<i>powyżej 0,2</i>	<i>fale radiowe</i>	<i>radiokomunikacja,</i>
<i>do 3</i>	<i>długie i średnie</i>	<i>radiolokacja</i>
<i>3 - 30</i>	<i>krótkie</i>	<i>radioastronomia</i>
<i>30 - 300</i>	<i>ultrakrótkie</i>	<i>telekomunikacja i inne</i>
<i>300 - 30000</i>	<i>promieniowanie mikrofalowe</i>	<i>termiczna obróbka metali i dielektryków, medycyna</i>
<i>$3 \times 10^6 - 4 \times 10^8$</i>	<i>promieniowanie podczerwone</i>	<i>nagrzewanie, ogrzewanie, medycyna, badania naukowe</i>
<i>$4 \times 10^8 - 8 \times 10^8$</i>	<i>promieniowanie widzialne</i>	<i>oświetlenie, medycyna kolorymetria, itp.</i>
<i>$8 \times 10^8 - 6 \times 10^8$</i>	<i>promieniowanie nadfioletowe</i>	<i>medycyna, przemysł badania naukowe</i>
<i>$6 \times 10^{10} - 75 \times 10^{13}$</i>	<i>promieniowanie rentgenowskie</i>	<i>medycyna, przemysł, defektoskopia badania naukowe i inne</i>
<i>$75 \times 10^{13} - 3 \times 10^{15}$</i>	<i>promieniowanie gamma</i>	<i>medycyna, przemysł, defektoskopia badania naukowe i inne</i>

Promieniowanie elektromagnetyczne wielkiej częstotliwości (w.cz)

Szkodliwe promieniowanie nie jonizujące występuje w postaci pól elektromagnetycznych o dużej mocy wytwarzanych przez linie przesyłowe wysokiego napięcia. Generują one promieniowanie wielkiej częstotliwości zwane promieniowaniem Hertza. Obejmuje ono długości fal od 0,1 mm do kilku tysięcy m. Do badania ich pól e-m używa się mierników:

- natężenia pola elektrycznego, w V/m, w zakresie $f = 0,1 - 300$ MHz,
- gęstości strumienia mocy, w W/m^2 , w zakresie $f = 300 - 300\ 000$ MHz.

Na obszarach otaczających źródła pól e-m w.cz. ustanowiono strefy ochronne stopnia:

I-go, na terenie której zabronione jest przebywanie osób nie zatrudnionych bezpośrednio przy eksploatacji tych urządzeń,

II-go, na terenie której dopuszcza się okresowe przebywanie niezatrudnionych osób, z zastrzeżeniem lokalizacji tam budynków mieszkalnych lub pomieszczeń o wymagającej ochronie (żłobki, przedszkola, szpitale itp.)

A Poza nimi obszar stanowi już strefę bezpieczną. Na terenie strefy I, dla osób narażonych zawodowo wprowadzono bardziej szczegółowy podział, tzw. strefę: pośrednią (zwykle do 2 m od aparatu), zagrożenia (zwykle do 1,2 m) i niebezpieczną (zwykle do 20-30 cm i dotyczy obszarów w pobliżu elektrod i przewodów). Ich granice wyznaczane są w sposób doświadczalny. Wg tego podziału do poszczególnych stref zaliczane są następujące źródła:

1. strefa bezpieczna: nadajniki TV, IV pasmo o mocy 0,01-400 kW, diatermia mikrofalowa,
2. strefa zagrożona: łącza linii radiowych typu TM-110, KORAB 3 i 4, radiotelefony przewoźne, generatory laboratoryjne z prototypowymi antenami,
3. strefa pośrednia: pozostałe łącza linii radiowych, radiotelefony, kuchnie mikrofalowe, bliki mikrofalowe do spektrometrów EPR przy otwartym falowodzie, generatory do linii pomiarowych.

Ponadto wprowadzono pojęcie pola:

- stacjonarnego, wytwarzanego przez urządzenia z anteną nieruchomą lub obracającą się z $f < 0,02$ Hz,
- niestacjonarnego, wytwarzanego przez antenę ruchomą, o częstotliwości opromiennienia $f > 0,02$ Hz.

Wartości graniczne dla poszczególnych stref i źródeł, zgodnie z obowiązującym zarządzeniem RM podano w tabeli 16.9.

TABLICA 16.9.

Wartości graniczne dla pól e-m w zależności od strefy zagrożenia

Rodzaj pola dla f w Hz	Wartość graniczna			
	Strefa I		Strefa II	
	w V/m	w W/m ²	w V/m	w W/m ²
50	powyżej 10k	-	1 - 10k	-
0,1 - 10M	powyżej 20	-	5 - 20	-
10 - 300M	powyżej 7	-	2 - 7	-
300 - 300000M stacjonarne	-	powyżej 0,1	-	0,025 - 0,1
300 - 300000M niestacjonarne	-	powyżej 1	-	0,25 - 1

W zależności od:

- wartości dawki,
- częstotliwości promieniowania,
- częstotliwości powtarzania impulsów modulowanych (ze względu na rezonans z impulsami nerwowymi człowieka, sterującymi różnymi czynnościami organizmu),
- czasu ekspozycji,
- odległości źródła promieniowania od stanowiska pracy,
- zdolności organizmu lub narządu do wypromieniowania energii cieplnej,
- stopnia ekranowania instalacji w.cz.

różne jest działanie źródeł promieniowania na człowieka. U pracowników narażonych na działanie tych pól mogą wystąpić następujące schorzenia:

- układu nerwowego: drżenie rąk, zmiany w EEG, bóle i zawroty głowy, niestabilność emocjonalna, utrudnienie koncentracji, osłabienie pamięci, ogólne osłabienie,
- narządu wzroku: zmętnienie soczewki ocznej,
- układu krwionośnego: zwolnienie akcji serca, obniżenie ciśnienia tętniczego krwi, zmiany morfologiczne,
- układu pokarmowego: dysfunkcje przewodu pokarmowego, brak apetytu, niestrawność,
- układu oddechowego: nieżyty górnych dróg,
- układu hormonalnego.

Na podstawie obserwacji wyodrębniono następujące efekty działania tego promieniowania:

- A. termiczny, podwyższenie temperatury i zachodzące pod jej wpływem zmiany patologiczne,
- B. termiczny-swoisty, wybiórcze nagrzewanie pewnych partii organizmu,
- C. nie termiczny, zmiany zachodzące bez podwyższenia temperatury.

W ciele człowieka znaczna część pochłoniętej energii promieniowania e-m zamieniana jest na ciepło, powodując ogólne podniesienie temperatury całego ciała. Wzrost ten zależy od długości fali. Podczas działania promieniowania mikrofalowego na obiekty jednorodne, najwyższą temperaturę notuje się na powierzchni. Wartość ta obniża się w kierunku warstw położonych głębiej. Dają się zauważyć 3 fazy podwyższenia temperatury. W początkowej następuje stosunkowo szybki wzrost o 1 ° -2°C, następnie utrzymuje się ona na stałym poziomie przez dłuższy czas, po czym ponownie szybko wzrasta. Różne właściwości elektryczne (stała dielektryczna i przewodnictwo) poszczególnych tkanek są przyczyną różnego, a nawet wybiórczego ich nagrzewania się. Efekt ten potęguje niejednorodność pola e-m w.cz. Stwarza to możliwość powstawania fal stojących w niektórych miejscach, gdzie struktury biologiczne są atakowane. Poza działaniem termicznym, pod wpływem promieniowania e-m zachodzą zjawiska biologiczne takie jak: powstawanie struktur łańcuchowych (polaryzacja) oraz zmiany molekuł białek (tzn. struktury i poziomu energetycznego) w wyniku rezonansowego pochłaniania energii tego promieniowania. Orientację kierunkową cząsteczek obserwuje się w zakresie od 1 - 100 MHz. W przypadku działania źródeł mikrofalowych nie zauważono tego zjawiska. Wysuwana jest też hipoteza działania promieniowania e-m w.cz. na biologiczny mechanizm sterowania procesami biochemicznymi i fizycznymi, ponieważ komórki same mają zdolność wytwarzania pola e-m w.cz..

Stwierdzono również działanie na analizator słuchowy człowieka oraz przeciwimmunologiczne tego promieniowania. Wg Freya, w pewnych okolicach głowy, pod jego wpływem powstaje wrażenie dźwięku (świsty, brzęczenie). Zwykle ludzie lokalizują dźwięk w przestrzeni położonej z tyłu głowy, nie zależnie od położenia źródła. Wrażenie dźwięku powstaje również u osób z uszkodzeniem przewodnictwa kostnego ucha. Najsilniejsze wrażenie ma miejsce w przypadku napromieniowania okolic skroniowych.

Ochrona przed promieniowaniem e-m w.cz.:

- stały nadzór nad warunkami pracy w przypadku eksploatacji urządzeń o mocy wyjściowej przekraczającej 50 W,
- przeprowadzanie okresowej oceny szkodliwości,
- wprowadzenie środków organizacyjnych:

- zmiana usytuowania stanowisk względem źródeł pól,
- skrócenie czasu pracy przy źródle, rotacja pracowników,
- oznakowanie stref ochronnych,
- opracowanie instrukcji obsługi zagrażających urządzeń i nadzór nad ich przestrzeganiem,
- okresowe szkolenia pracowników dot. zagadnień bezpiecznego wykonywania pracy.
- lekarskie badania kontrolne,
- przestrzeganie zasad przebywania pracowników w poszczególnych strefach działania promieniowania:
 - w ochronnej mogą przebywać jedynie pracownicy z odpowiednimi predyspozycjami zdrowotnymi,
 - w pośredniej - w czasie 1 całej zmiany roboczej,
 - w zagrożenia - ulega redukcji czas przebywania w zależności od wielkości dawki,
 - w niebezpiecznej - przebywanie zabronione.
- zastosowanie środków technicznych:
 - poprawa ekranowania źródeł,
 - wprowadzenie urządzeń zdalnego sterowania i automatyzacji produkcji,
 - stosowanie ekranujących osłon wokół źródeł i ciągłej kontroli ich funkcjonowania.