

# Podstawy projektowania

Przebieg procesu konstruowania

# Problemy ergonomiczne

Przy tworzeniu kompozycji plastycznej sprzętu elektronicznego, w celu uzyskania ładnego, estetycznego wyglądu, należy nie zapominać o konieczności spełnienia wymagań ergonomicznych.

**Ergonomia jest dyscypliną traktującą o tym, jak należy konstruować wyroby techniczne, by uwzględniały ludzkie możliwości i ograniczenia.**

Ergonomia jako nauka rozwinęła się stosunkowo niedawno, kiedy okazało się, że rozwój urządzeń i ich złożoność doprowadziły do sytuacji, w której ich obsługa wymagała od operatora sprawności psychofizycznych znacznie przewyższających jego możliwości. Liczne przypadki pomyłek, np. przy obsłudze urządzeń radiolokacyjnych, podwodnych urządzeń podsłuchowych itp., zwróciły uwagę konstruktorów na człowieka, a więc na to ogniwo układu człowiek-maszyna, które w praktyce okazało się zawodne. Zajmowano się bowiem przede wszystkim maszyną i jej parametrami, operatora zaś starano się drogą szkolenia i treningów przystosować do wypełniania funkcji obsługowych. Zmieniano nawyki operatora, stosowane przez niego metody pracy, zwiększano jego sprawność fizyczną.



Bogumił Jastrzębowski



- Aktualności
- Biuletyn
- Władze PTErg
- Kronika
- PTErg
- Odznaczenia
- Dokumenty PTErg
- Ergonomia
- Oddziały PTErg
- Kontakt
- Linki
- Informacje od Administratora

## Ergonomia

• [Bogumił Jastrzębowski](#) • [Obelisk Jastrzębowski](#) • [Ergonomia](#) • [strona główna](#)

### HISTORIA ERGONOMII

Termin „**ergonomia**” został po raz pierwszy sformułowany przez wybitnego polskiego przyrodnika, profesora Instytutu Rolniczo – Leśnego w Marymoncie pod Warszawą W. B. Jastrzębowski. W roku 1857 Jastrzębowski ogłosił artykuł zatytułowany „ Rys ergonomii, czyli Nauki o pracy opartej na prawach zaczerpniętych z Nauki Przyrody”. Pisał w nim m.in. „Nazwiskiem Ergonomii, wziętym od wyrazu greckiego ergon (praca) i nomos (prawo, zasada), oznaczamy Naukę o Pracy.”

W prawie 100 lat później – w 1949 r. powstało w Anglii Ergonomiczne Towarzystwo Naukowe. W latach następnych „ergonomia” przyjęła się w całej Europie, a następnie na innych kontynentach.

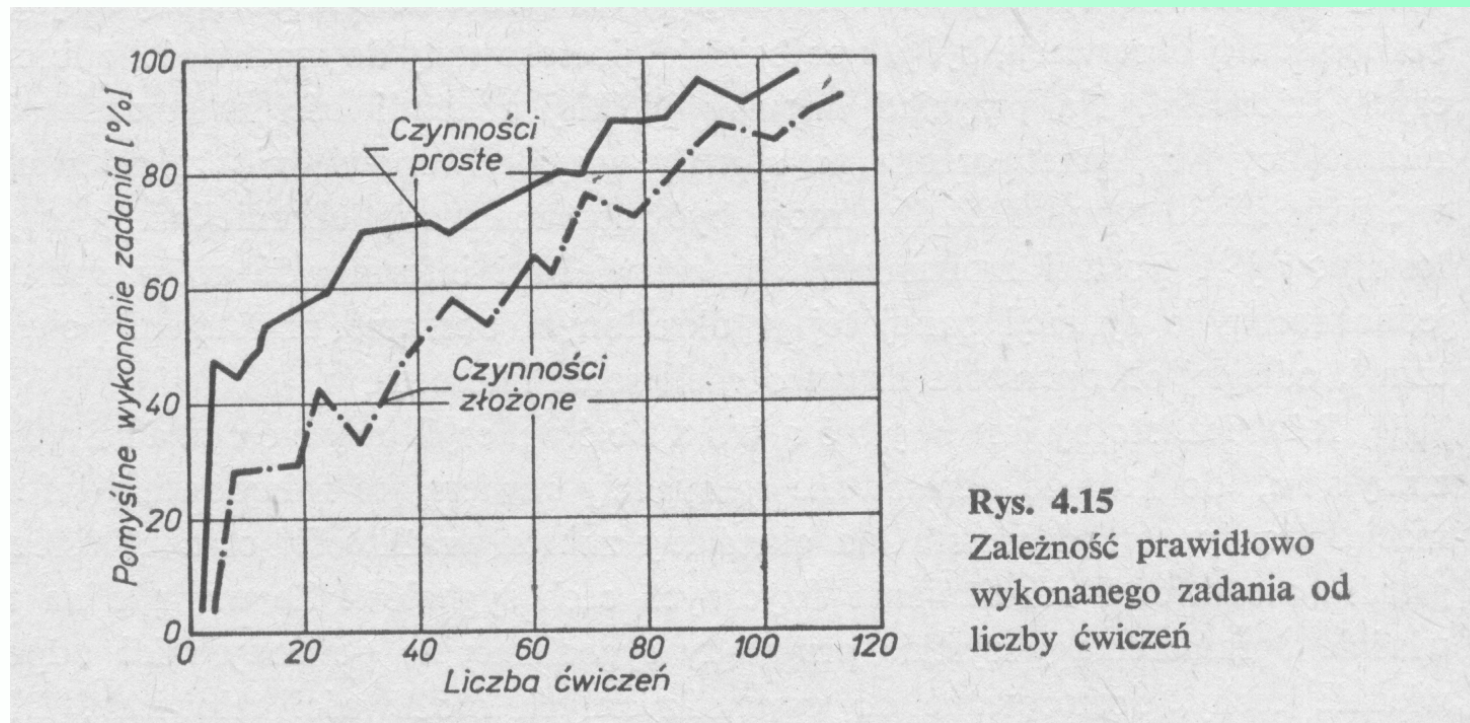
W 1959 r. powstało Międzynarodowe Stowarzyszenie Ergonomiczne (IEA – International Ergonomics Association), a w 1962 r. odbył się w Sztokholmie pierwszy jego Kongres.

Międzynarodowe Stowarzyszenie Ergonomiczne skupia obecnie 47 towarzystw krajowych. Kongresy odbywają się co 3 lata. VII Kongres odbył się w sierpniu 1979 r. w Warszawie.

# Problemy ergonomiczne

Zależności dotyczące poprawności wykonania zadania od liczby wykonanych ćwiczeń przedstawiono na rys. 4.15. Jednak przy wciąż rosnącej złożoności aparatury, szczególnie należącej do wyposażenia wojskowego, uświadomiono sobie, że zwiększenie efektywności układu człowiek-maszyna jako całości może być osiągnięte łatwiej - a w wielu przypadkach jedynie - przez przystosowanie maszyny, a nie zwiększanie możliwości człowieka.

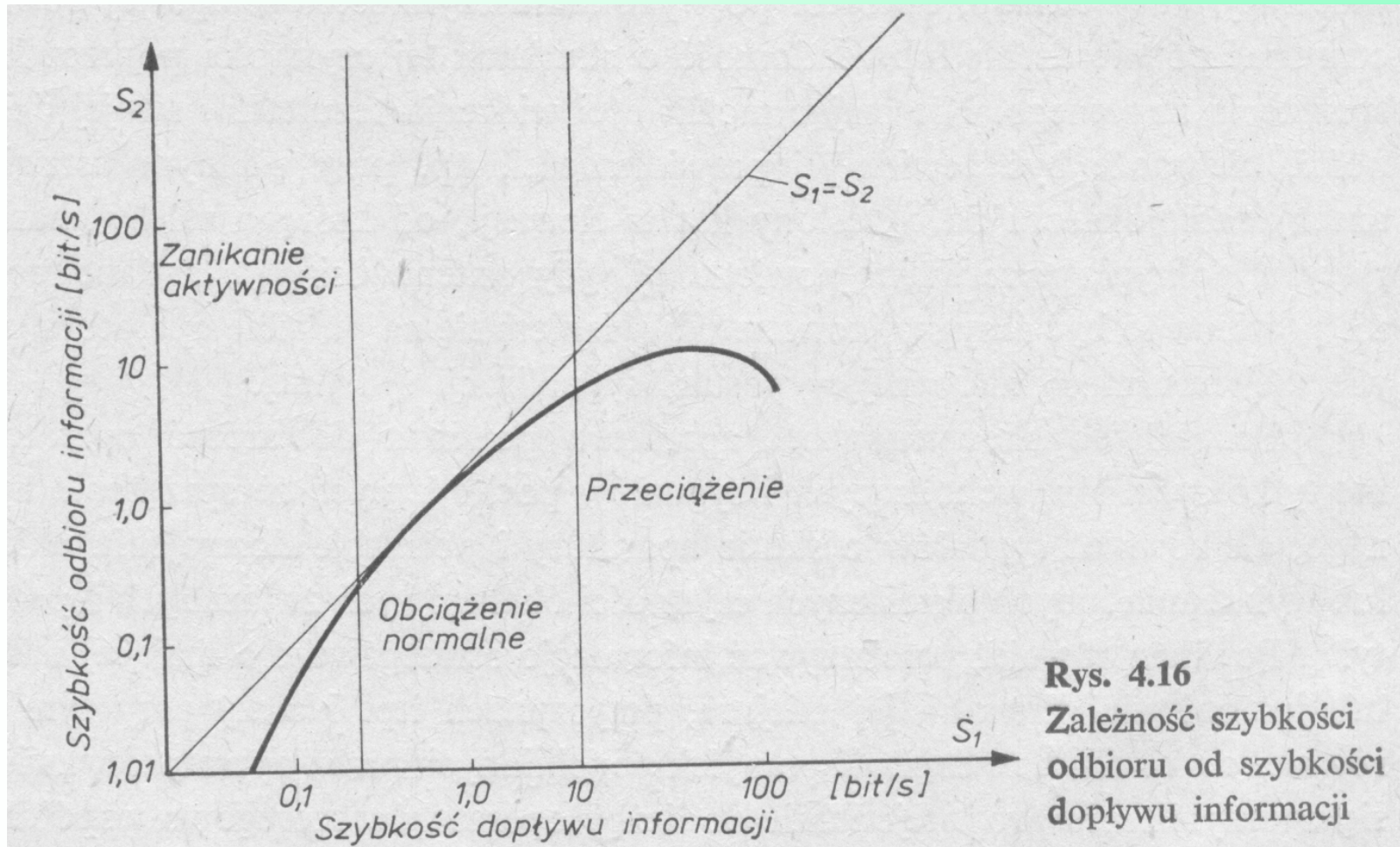
Dla prawidłowego działania operatora wymaga się, aby ilość dopływających informacji nie powodowała zaniku jego aktywności, jak również przeciążenia.



**Rys. 4.15**  
Zależność prawidłowo wykonanego zadania od liczby ćwiczeń

# Problemy ergonomiczne

Zależność szybkości odbioru informacji od szybkości jej dopływu zilustrowano na rys. 4.16.



# Problemy ergonomiczne

Jeżeli przy konstruowaniu nie są w dostatecznym stopniu uwzględnione psychofizjologiczne właściwości operatora, prowadzi to do skomplikowania układu człowiek-maszyna i trudności w eksploatacji i obsłudze, a tym samym do obniżenia niezawodności całego układu.

Okazało się, że operatora można rozpatrywać jako element aparatury, tzn. można go opisać poprzez charakterystykę parametrów wejściowych i wyjściowych. Daje to konstruktorowi możliwość opisu charakterystyk człowieka i maszyny posługując się tym samym aparatem matematycznym.

Umożliwia to więc stworzenie odpowiedniego języka zrozumiałego dla człowieka i nadającego się do wykorzystania przez maszynę. Należy przy tym pamiętać, aby kod-język, czyli układ odpowiednich symboli, za których pomocą maszyna będzie informowała człowieka o sytuacji lub przebiegających procesach niedostępnych jego bezpośredniej obserwacji, był jak najbardziej dostosowany do możliwości odbiorczych człowieka.

# Problemy ergonomiczne

Również istotny jest wybór bodźców, czyli wybór narządu zmysłu, do którego adresowane są sygnały zawierające zakodowaną informację.

**Każdy narząd zmysłu ma określony zakres wrażliwości oraz określone granice możliwości rozróżniania fizycznych cech sygnałów.**

Ze względu na te właśnie ograniczenia wszystkie przyrządy sygnalizacyjne powinny mieć odpowiednie cechy, dostosowane do psychofizycznych możliwości człowieka.

Dla właściwej pracy układu, operator po wykonaniu czynności obsługowej powinien otrzymać potwierdzenie lub wiadomość o skutkach tej czynności poprzez kanał sprzężenia zwrotnego. Nie mając możliwości widzenia rezultatów swojej działalności, nie może być pewien jej prawidłowości.

Prawidłowo skonstruowana aparatura powinna dostarczać operatorowi nie tylko sygnałów wchodzących i sygnałów pochodzących ze sprzężenia zwrotnego, ale również sygnałów o stanie aparatury i potrzebie dostrojenia układów lub wykonania innych określonych czynności obsługowych związanych z profilaktyką. Powinna również przekazywać informacje ostrzegawcze o mającej nastąpić lub już zaistniałej awarii, jej miejscu, przyczynach itp.

# Problemy ergonomiczne

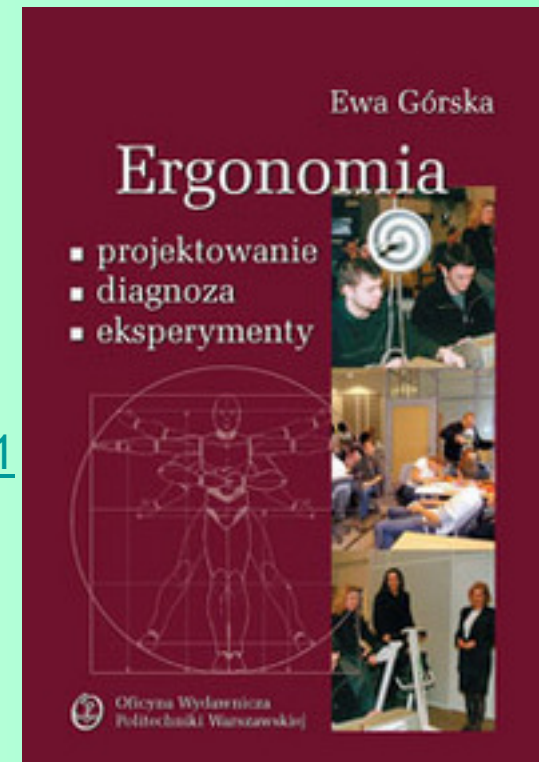
Należy przy tym mieć również na uwadze, że częstość pomyłek popełnianych przez operatorów zwiększa się w przybliżeniu proporcjonalnie do liczby operatorów szeregowo współdziałających w układzie człowiek-maszyna. Zależy od ich obciążenia ilością i złożonością zadań, od warunków środowiskowych (rodzaj oświetlenia, warunki klimatyczne, wibracje, hałas), liczby i rodzaju organów sterowania i wskaźników, ich rozmieszczenia, sposobu kodowania itp.

Te wszystkie problemy powinny być uwzględniane już na wczesnych etapach projektowania przy rozdziale funkcji pomiędzy maszyną i człowieka.

Małgorzata Wróblewska ERGONOMIA skrypt dla studentów

<http://www.dbc.wroc.pl/dlibra/doccontent?id=2311&dirids=1>

Ewa Górka „Ergonomia. Projektowanie, diagnoza, eksperymenty”





# Problemy ergonomiczne

## Podstawowe dane antropometryczne

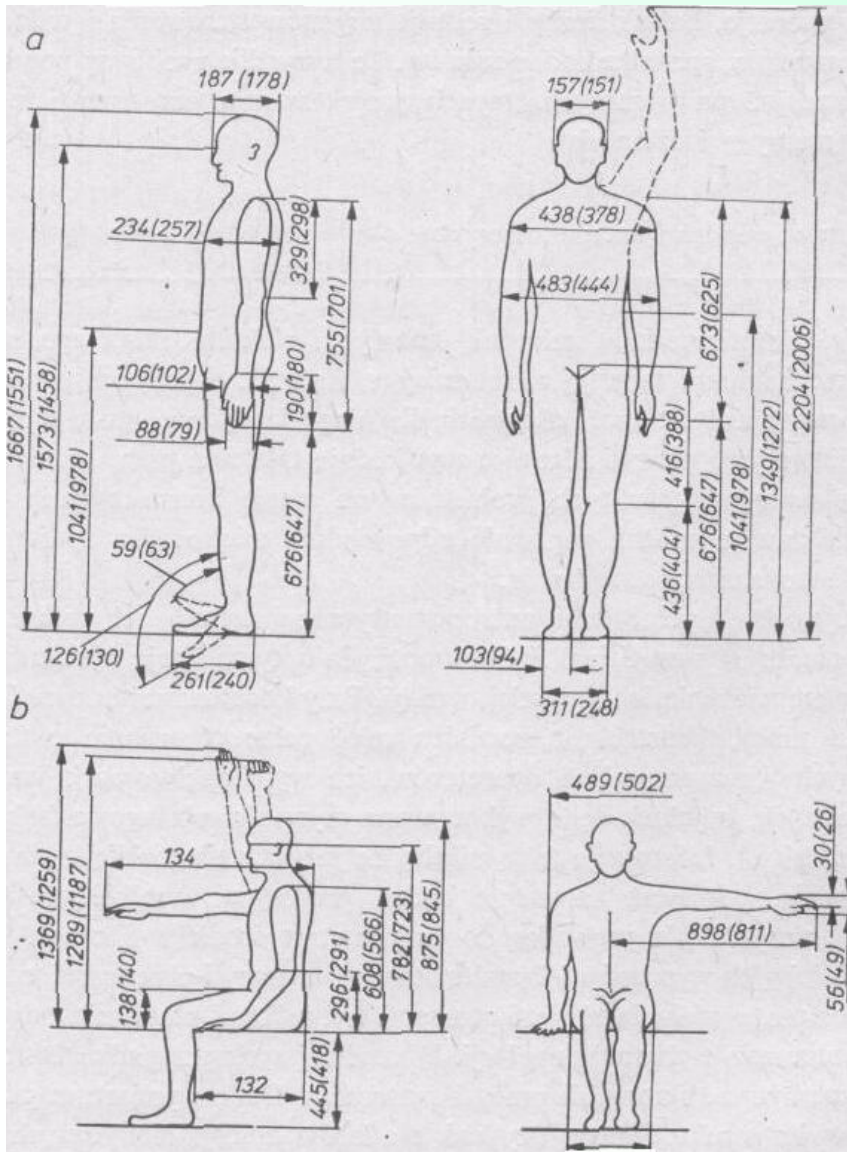
Przy projektowaniu układu człowiek-maszyna, ciało ludzkie, jego struktura i funkcje mechaniczne zajmują ważne miejsce.

Wiarygodne i pełne dane antropometryczne i metody ich wykorzystania są tym koniecznym narzędziem, które umożliwia optymalizację wymiarów wyrobów z punktu widzenia ich przyszłej obsługi.

W celu doboru właściwych wymiarów i kształtu stanowisk pracy i przestrzeni roboczych konstruktor może posługiwać się fantomami (sylwetkami płaskimi), odpowiadającymi wymiarowo wybranej populacji. W trudniejszych przypadkach stosuje się modele przestrzenne stanowisk pracy i fantomów.

Dane wymiarowe przyszłych operatorów konstruktor może uzyskać z atlasów antropometrycznych lub od instytucji zajmujących się antropometrią.

# Problemy ergonomiczne



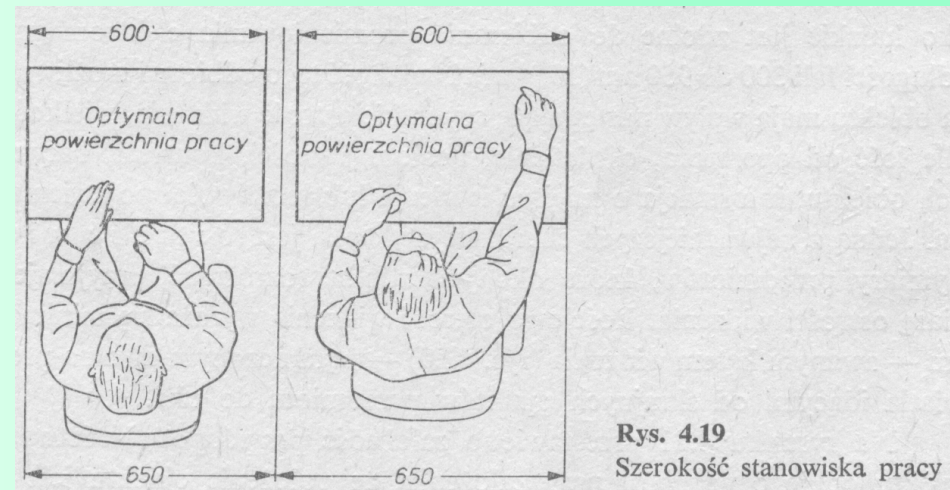
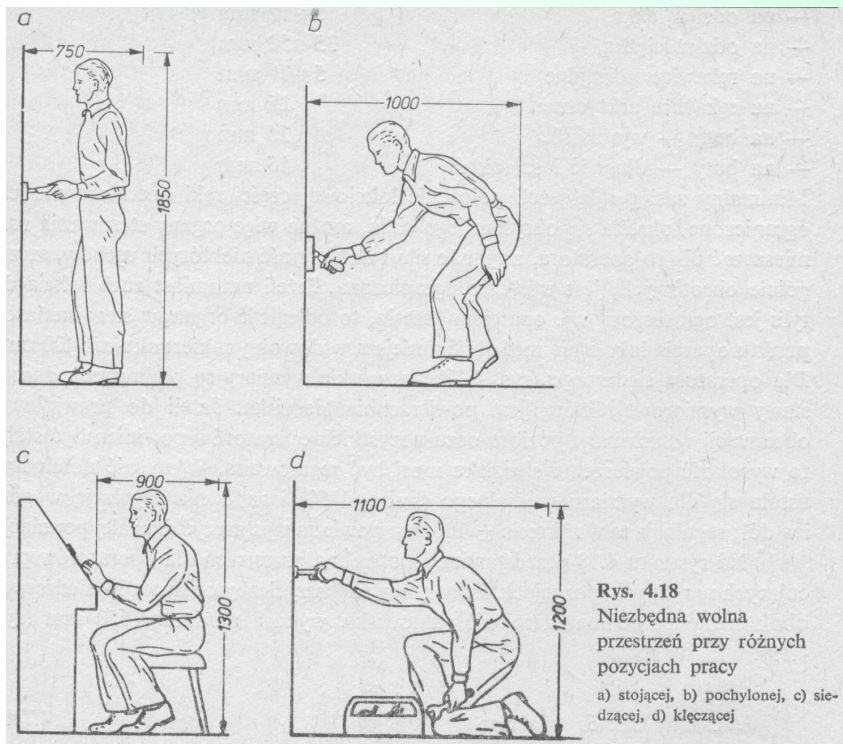
Dane wymiarowe zaczerpnięto z atlasu antropometrycznego dorosłej ludności polskiej, opracowanego przez Pracownię Antropometrii Zakładu Antropologii PAN we Wrocławiu i Instytut Wzornictwa Przemysłowego w Warszawie.

Do wymiarów tych dla części ciała okrytych w czasie pracy należy dodać:

- na odzież lekką 5-12 mm
- na odzież ciężką 35-50 mm
- na rękawice normalne 5-7 mm
- na rękawice arktyczne 25 mm
- na buty — wysokość 25 mm
- na buty — długość i szerokość 15 mm

# Problemy ergonomiczne

Na rysunku 4.18 przedstawiono potrzebną przestrzeń dla operatorów pracujących w różnych pozycjach. Przy pracy większej liczby operatorów siedzących obok siebie potrzebna szerokość stanowiska wynosi minimum 650 mm (rys. 4.19).



# Problemy ergonomiczne

## Wizualny odbiór informacji

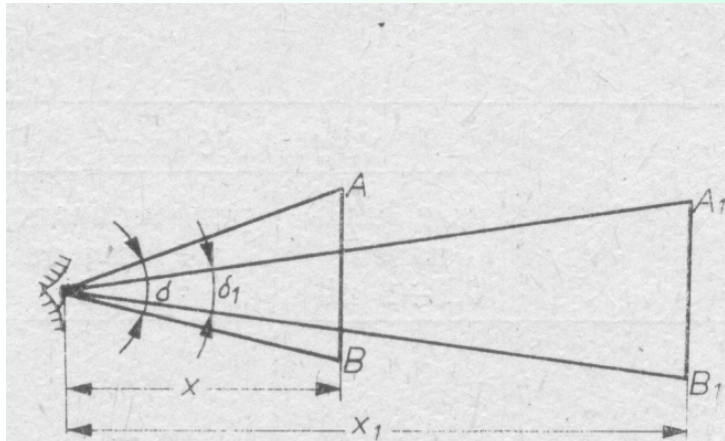
**Oko ludzkie** jest zdolne do odbierania promieniowania elektromagnetycznego o długości fali 300 do 950 nm. Na jakość tego odbioru i możliwości wykrycia obiektu mają wpływ następujące czynniki:

- ostrość widzenia,
- wielkość obiektu,
- odległość od operatora,
- oświetlenie,
- poziom jasności,
- kontrast,
- barwa obiektu,
- ruch obiektu,
- informacja o miejscu istnienia lub możliwości pojawienia się obiektu.

Jedną z najważniejszych charakterystyk oka jest ostrość widzenia. Wymiary przedmiotów, które oko jest zdolne rozróżniać, przyjmuje się jako miarę ostrości widzenia. Ilościowo ostrość widzenia wyraża się minimalnym kątem – zwanym kątem widzenia (rys. 4.20) - ograniczonym dwoma promieniami światła idącymi od skrajnych punktów przedmiotu do oka.

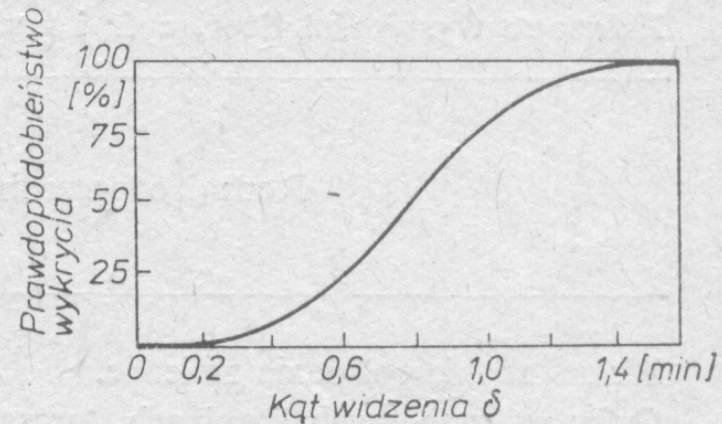
# Problemy ergonomiczne

Na rysunku 4.21 przedstawiono zależność prawdopodobieństwa wykrycia obiektu od jego wymiaru przy założeniu, że położenie obiektu jest wiadome.



**Rys. 4.20.** Zależność kąta widzenia od odległości

$\delta > \delta_1$  — kąt widzenia,  $AB = A_1B_1$  — przedmiot widziany



**Rys. 4.21.** Zależność prawdopodobieństwa wykrycia obiektu od jego wielkości

Krzywa ma charakter ogólny i skala na osi odciętych może się przesuwac w lewo lub w prawo w zależności od oświetlenia obiektu, kontrastu, kształtu, długości, czasu obserwacji itp. Z rysunku tego widać, że zwiększenie dwukrotnie wymiaru obiektu poprawia prawdopodobieństwo wykrycia z 50% na 100%. Oko ludzkie jest w stanie wykryć litery i znaki, jeżeli nie są widziane pod kątem mniejszym od 5 min, tj. mają wymiar około 1,3 mm przy odległości 500 mm.

W tablicy 4.2 przedstawiono wielkości liter, cyfr i znaków dla odległości obserwacji 700 mm. Jeśli ta odległość będzie się zmieniała, proporcjonalnie powinny się również zmieniać wymiary podane w tablicy. W praktyce do opisów umieszczanych na sprzęcie na ogół nie stosuje się cyfr i liter o wysokości mniejszej od 2,5 mm. Odległość do miejsca obserwacji może być ograniczona dodatkowo, jeżeli operator poza odczytywaniem informacji na wskaźnikach powinien dodatkowo obsługiwać manipulatory znajdujące się na tej samej płycie. Wówczas minimalna odległość powinna wynosić 330 mm, a maksymalna - ograniczona zasięgiem ramion, gdy czynności manualne nie są zbyt częste - nie powinna przekroczyć 750 mm (rys. 4.23).

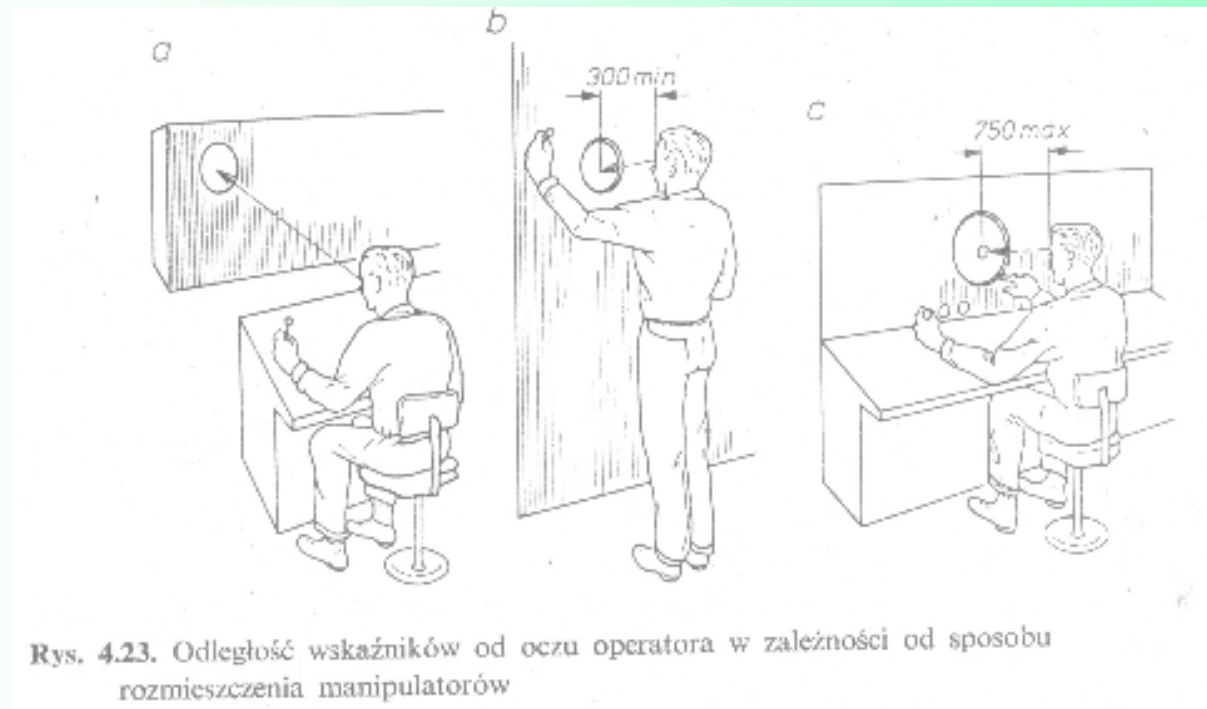
Zalecane wysokości liter, cyfr i znaków

Tablica 4.2

| Rodzaj oznaczenia   | Wysokość [mm]               |                                   |
|---|-----------------------------|-----------------------------------|
|   | przy luminancji 0,1 ÷ 3 nit | przy luminancji większej od 3 nit |
| Ważne znaki, położenie zmienne.<br>Cyfry na ruchomych licznikach, tarczach, skalach itp.    | 5 ÷ 7,5                     | 3 ÷ 5                             |
| Ważne znaki, położenie stałe.<br>Cyfry na nieruchomych skalach, wskazania na manipulatorach | 4 ÷ 7,5                     | 2,5 ÷ 5                           |
| Mało ważne znaki, instrukcje robocze, dowolne znaki, konieczne tylko do oznaczenia          | 1,5 ÷ 5                     | 1,5 ÷ 5                           |

W przypadku pokazanym na rys. 4.23a, odległość wskaźników od operatora jest ograniczona tylko wielkością znaków znajdujących się na wskaźniku.

Poza odległością istotny jest również kąt, pod jakim są obserwowane wskaźniki. Optymalne położenie wskaźników powinno być prostopadłe do centralnej linii widzenia lub odchyłać się od tej linii o kąt nie większy niż  $30^\circ$ .



W tablicy 4.3 przedstawiono kąty widzenia wskaźników przez operatora. Ważne wskaźniki powinny być umieszczone na poziomie oczu niskich operatorów. Jeżeli jest potrzebna dodatkowa powierzchnia, można ją rozbudować w pionie do poziomu oczu operatorów średniego wzrostu.

**Tablica 4.3**

**Pole widzenia operatora (w stopniach)**

| Obrót części ciała | Kierunek | Kąt w poziomie <sup>1)</sup> |       | Kierunek | Kąt w pionie <sup>1)</sup> |       |
|--------------------|----------|------------------------------|-------|----------|----------------------------|-------|
|                    |          | opt.                         | maks. |          | opt.                       | maks. |
| Tylko głowa        | lewy     | 0                            | 60    | góra     | 0                          | 50    |
|                    | prawy    | 0                            | 60    | dół      | 0                          | 50    |
| Tylko oczy         | lewy     | 15                           | 35    | góra     | 0                          | 25    |
|                    | prawy    | 15                           | 35    | dół      | 30                         | 35    |
| Głowa i oczy       | lewy     | 15                           | 95    | góra     | 0                          | 65    |
|                    | prawy    | 15                           | 95    | dół      | 30                         | 75    |

<sup>1)</sup> Za linię odniesienia przyjęto poziomą linię wzroku, leżącą w płaszczyźnie pionowej przechodzącej przez środek ciała operatora. Jeżeli nastąpi przesunięcie linii odniesienia od poziomu, to o taki sam kąt należy obrócić podane wartości.



Ostrość widzenia w znacznym stopniu zależy od ilości światła padającego na obiekt, tj. od oświetlenia.

Przy oświetleniu stanowiska pracy należy pamiętać o odbiciach światła i olśnieniu, które - gdy się pojawią w polu widzenia - powodują obniżenie widzialności i wpływają ujemnie na wykrywalność.

Olśnienie powstaje na skutek nadmiernej luminancji (jaskrawości) albo nadmiernego jej kontrastu, a odbicia (lustrzane) powstają na skutek odbijania światła przez powierzchnie jasne i błyszczące.

Olśnienie można zmniejszyć przez:

- unikanie stosowania silnego źródła światła w obszarze  $60^\circ$  od osi pola widzenia,
- stosowanie osłon w celu zaekranowania oświetlenia bezpośredniego,
- stosowanie oświetlenia światłem odbitym,
- stosowanie kilku źródeł światła o małej mocy zamiast jednego o dużej.

Współczynnik odbicia strumienia świetlnego można zmniejszyć stosując oświetlenie światłem rozproszonym (nie daje cienia), powierzchnie matowe zamiast błyszczących oraz rozmieszczając źródła oświetlenia tak, by kąt padania tego światła na powierzchnie robocze nie był zgodny z kątem obserwacji.

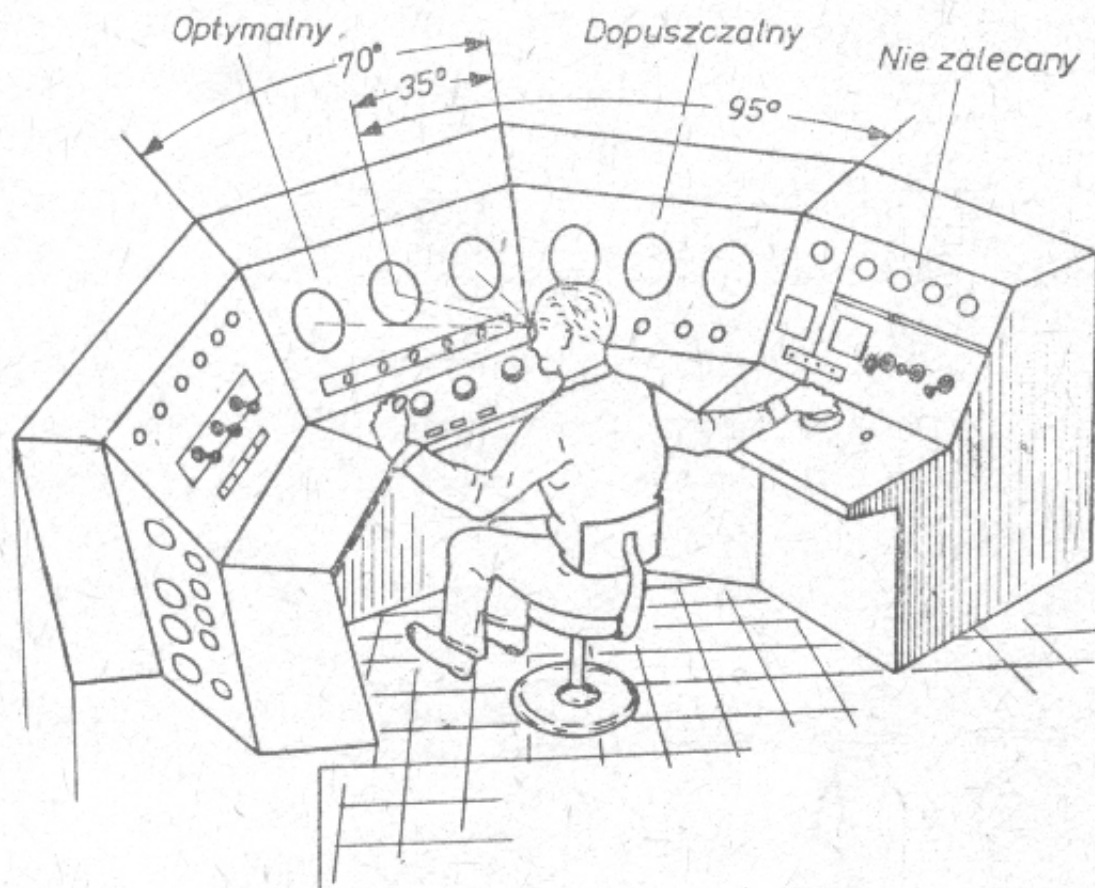
Z częściej używanych manipulatorów można wymienić przełączniki przerzutowe, przyciski i klawisze.

**Przełączniki przerzutowe** mają zazwyczaj dwa położenia, czasem trzy. Przełącznikami tego typu można pracować szybko i równocześnie kilkoma stojącymi obok siebie w szeregu. Położenie łatwo można identyfikować wizualnie i dotykiem. Stosuje się je często jako organy sterowania „Włączone, Wyłączone”.

**Przyciski i klawisze** znalazły ostatnio szerokie zastosowanie w urządzeniach pomocniczych związanych z techniką cyfrową oraz od dawna są stosowane do włączania i wyłączania aparatury. Szerokość minimalna wynosi 13 mm. Aby palec nie ześlizgiwał się po przycisku, powierzchnia przycisku powinna być wgłębiona albo rowkowana.

Kierunek ruchu organów sterowania powinien uwzględniać intuicyjne preferencje spotykane u większości ludzi. Ruch w prawo (zgodnie ze wskazówkami zegara) lub w górę powinien dawać przyrost wielkości sterowanej, a ruch w lewo lub w dół — zmniejszenie.

Ważne i często stosowane organy sterowania powinny być rozmieszczone w poziomie na płaszczyźnie optymalnego zasięgu rąk (rys. 4.19), a w pionie na poziomie między ramieniem a łokciem. Pozostałe manipulatory położone w dowolnym miejscu (rys. 4.26) powinny znajdować się w zasięgu ręki, tj. maksymalnie 700 mm od barku przy napędzie dłonią i 750 mm przy napędzie palcami.



Rys. 4.26  
Stanowisko pracy  
operatora

# Urządzenia informacyjne

Bardzo istotne dla pracy wskaźników i innych urządzeń informacyjnych są sposoby kodowania informacji i rozmieszczenia tych wskaźników i urządzeń.

Ilościowe i jakościowe cechy sterowanych obiektów można oznaczać barwą, cyframi, literami, figurami geometrycznymi itp.

O wyborze kodu powinny decydować cechy zadania, jakie będzie wykonywał operator. Na przykład, do identyfikacji stanu, w jakim znajduje się sterowany obiekt, stosuje się figury geometryczne lub barwy, do oceny ilościowej — cyfry.

Liczba znaczących elementów w kodzie cyfrowym nie powinna przekraczać 10, w kodzie literowym - 20, a w kodzie barwnym do 8.

Przy kodzie barwnym szybkość rozróżniania barw ma następującą kolejność: biała, czerwona, żółta, zielona, niebieska i fioletowa.

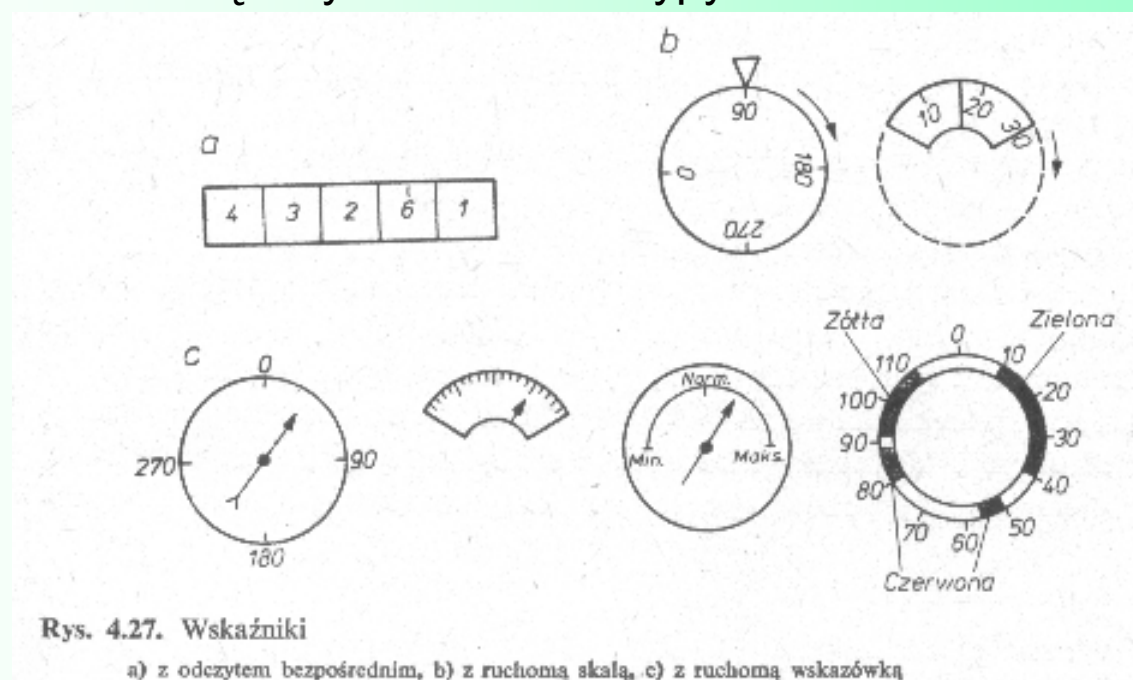
Barwnym kodom powinny być przypisane następujące znaczenia:

- czerwony: załączenie wysokiego napięcia, uszkodzenie lub niesprawność aparatury,
- czerwone błyski o częstotliwości 3—5 Hz — awaria aparatury, nieszczęśliwy wypadek,
- pomarańczowy — stan graniczny, zbliżanie się do stanu niebezpiecznego,
- zielony — charakterystyki aparatury są w normie,
- biały — działanie albo sprawdzanie.

Jeżeli zadanie operatora polega na sterowaniu procesami ciągłymi, a sygnały podają ważne informacje i wymagają natychmiastowej reakcji, to sygnały świetlne można wzmocnić sygnałem dźwiękowym, gdyż czas reakcji na bodźce dźwiękowe jest krótszy niż na bodźce wzrokowe. Sygnały dźwiękowe mogą leżeć poza kierunkiem obserwacji. Nie należy ich stosować w zbyt dużej liczbie, Najwyżej kilka, i ograniczać do przypadków wymagających natychmiastowej interwencji operatora.

### Wskaźniki mechaniczne

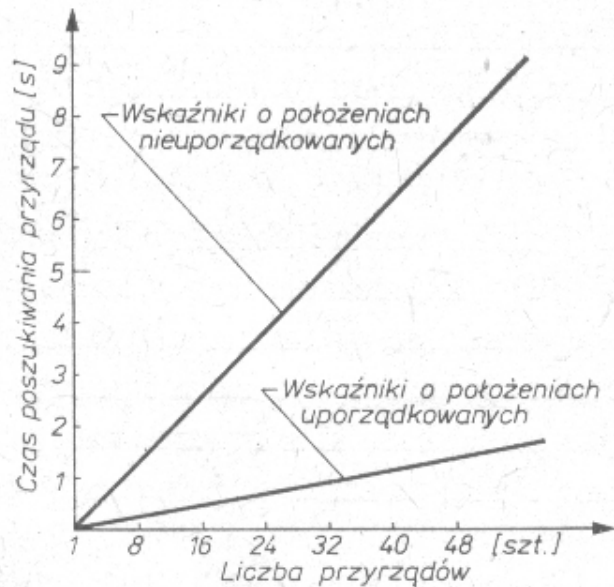
Poważną grupę wskaźników stanowią wskaźniki mechaniczne. Szybkość i bezbłądność odczytu informacji zależy w znacznej mierze od prawidłowego wyboru konstrukcji wskaźnika. Są trzy zasadnicze typy wskaźników mechanicznych (rys. 4.27).



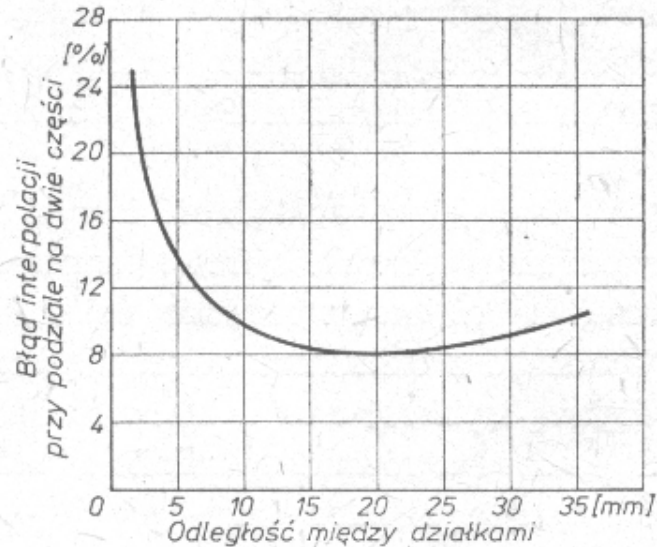
Największą dokładność i szybkość przekazywania informacji ilościowych zapewniają wskaźniki cyfrowe (numeryczne). Do dostarczania tego rodzaju informacji są również stosowane wskaźniki wyposażone w ruchomą wskazówkę.

Wskaźniki z okienkiem zwiększają koncentrację uwagi operatora i zapewniają większą szybkość oraz dokładność odczytu niż wskaźniki z otwartą całą skalą. Są stosowane również wskaźniki z ruchomą skalą, uważane są jednak za gorsze od wyżej wymienionych.

Ważność rozmieszczania wskaźników na pulpitych w sposób uporządkowany ilustruje rys. 4.28.



Rys. 4.28. Czas wyszukiwania wskaźnika w funkcji liczby przyrządów



Rys. 4.29. Zależność błędów interpolacji od odległości między działkami

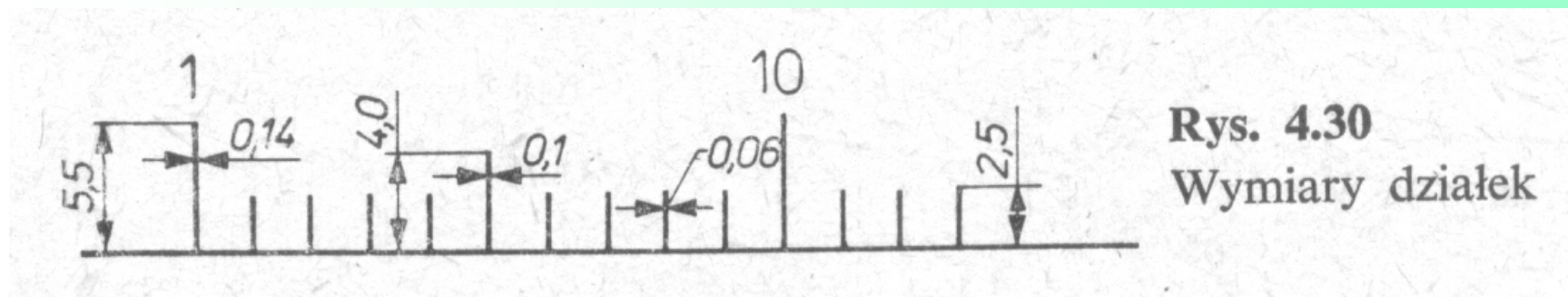
Na podzielnikach i licznikach wskaźników znajdują się cyfry, litery i znaki, którym stawia się następujące wymagania: cyfry i litery powinny mieć prosty kształt, przy czym dla cyfr zaleca się stosunek wysokości do szerokości od 3 : 1 do 3 : 2, dla liter 1:1.

Położenie cyfr i liter na skali w miejscu odczytu powinno być zawsze pionowe, niezależnie od konstrukcji wskaźnika.

Przy odległości oczu operatora od skali wynoszącej do 700 mm, minimalna odległość między głównymi działkami dziesiętnymi (1—10) powinna wynosić nie mniej niż 10 mm. Przy jej dobieraniu należy kierować się zależnościami

przedstawionymi na rys. 4.29. Grubość linii działki zależy od oświetlenia skali i powinna stanowić 1/40 do 1/8 jej wysokości.

Przykładowe wysokości i grubości działek dla dobrego oświetlenia skali przedstawiono na rys. 4.30.

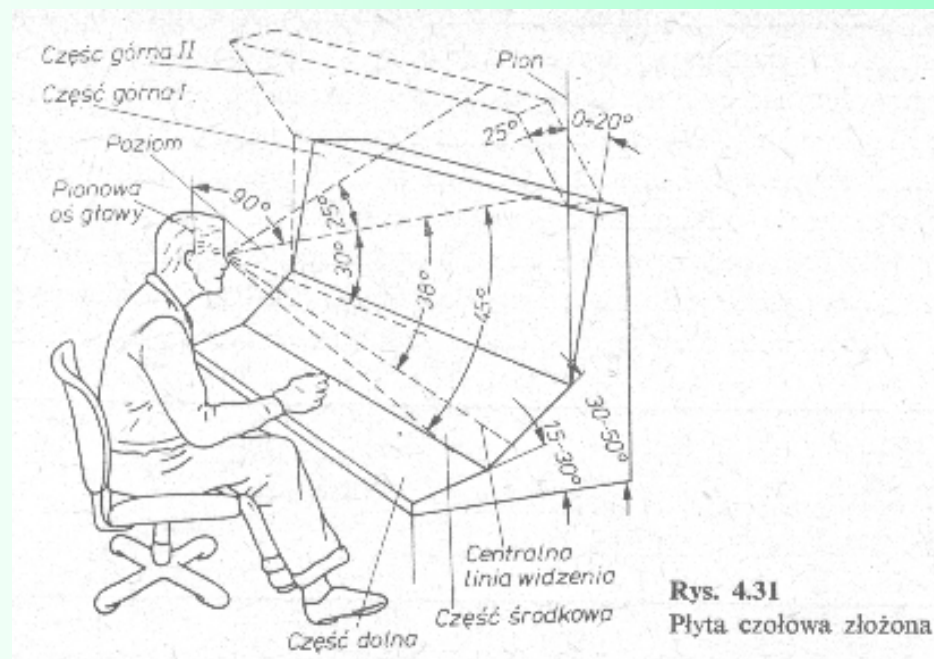




## Konstrukcja płyt czołowych

Płyty czołowe służą do zabudowy wskaźników i organów sterowania. Bywają najczęściej płaskie lub złożone z płaskich powierzchni — rys. 4.26 i 4.31. Płyta czołowa płaska jest łatwa w konstrukcji i wykonawstwie, ale przy jej większych wymiarach przyrządy wskaźnikowe położone na skraju płyty są słabo widoczne, a manipulatory znaleźć się mogą poza zasięgiem rąk. Aby temu zapobiec, konstruuje się płyty czołowe złożone z wielu płyt płaskich, które można ustawić pod odpowiednimi kątami i zachować odległości zapewniające wygodną obsługę wizualną i manualną.

Optymalne położenie wskaźników znajduje się w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku patrzenia.



Dolna część płyty czołowej pulpitu (rys. 4.31), która leży w obszarze optymalnego manualnego działania, powinna być wykorzystywana do umieszczenia organów sterowania używanych często i wymagających szybkiego i dokładnego działania. Należą do nich m.in. wszelkiego rodzaju klawiatury używane do wpisywania danych. Część środkowa na ogół jest wykorzystywana do rozmieszczenia wskaźników i związanych z nimi organów sterowania.

Część górną I i II wykorzystuje się do zabudowy mniej ważnych wskaźników i rzadziej używanych organów sterowania.