

ANNA BATOGOWSKA

POMIARY ANTROPOMETRYCZNE KĄTOWYCH CECH DYNAMICZNYCH CZŁOWIEKA DLA POTRZEB PROJEKTOWANIA MASZYN I URZĄDZEŃ

Z Zakładu Badań Ergonomicznych (Pracownia Antropometryczna)
Instytutu Wzornictwa Przemysłowego
Dyrektor: doc. dr Jan Czarnocki

Materiałem o zasadniczym znaczeniu dla prawidłowego pod względem ergonomicznym zaprojektowania maszyny są dane antropometryczne charakteryzujące człowieka — operatora, który jest niezbędnym elementem układu „człowiek — maszyna”. Poprawne zaprojektowanie tego układu wymaga dokładnej znajomości obu jego członów (maszyny i człowieka). Cechy konstrukcyjne maszyny są dobrze poznane od strony parametrów i metodologii projektowania, znajomość zaś cech człowieka w odniesieniu do potrzeb projektowania jest znikoma, a metodologia projektowania z uwzględnieniem czynnika ludzkiego nie wkroczyła jeszcze do codziennej praktyki projektowej.

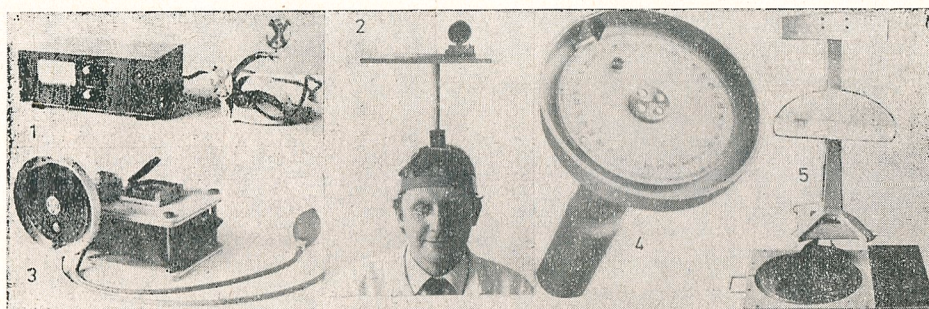
Aby zmienić ten stan rzeczy dostarczono konstruktorom i projektantom w *Małym atlasie antropometrycznym dorosłej ludności Polski dla potrzeb projektowania*¹ dane antropometryczne — statyczne, charakteryzujące cechy budowy anatomicznej w pozycji stojącej, siedzącej oraz cechy dynamiczne — sięgi. Materiały te są jednak niewystarczające dla celów projektowania. Obok danych statycznych i sięgów pozwalających określić gabarytowo stanowisko pracy, konieczny jest bowiem jeszcze szereg danych funkcjonalnych dotyczących kątowych cech dynamicznych człowieka.

Brak tego typu materiałów spowodował opracowanie w pierwszej fazie „kątowych cech dynamicznych” danych dotyczących kątów odchylenia głowy, dłoni i stopy w płaszczyznach czołowej, strzałkowej i poprzecznej. Dane niniejszego opracowania będą punktem wyjścia dla projektantów i konstruktorów, pozwalającym na zgodne dopasowanie parametrów konstrukcyjnych do właściwości ruchowych przyszłych użytkowników.

¹ Mały atlas antropometryczny dorosłej ludności Polski dla potrzeb projektowania. Prace i materiały IWP, Zeszyt 15, Warszawa 1972.

Metodyka badań. Pomiary wykonano z pomocą aparatury zaprojektowanej (ze specjalnym przeznaczeniem dla tej pracy) w Pracowni Oprzyrządowania Badań Zakładu Badań Ergonomicznych Instytutu Wzornictwa Przemysłowego. Aparatura badawcza składa się z kątomierzy pozwalających na wykonanie pomiarów w 3 płaszczyznach (czołowej, strzałkowej, poprzecznej). Błąd pomiaru wszystkich przyrządów wynosi $\pm 1^\circ$.

Kątomierz do pomiarów głowy *KPG xy* (ryc. 1). Kątomierz elektryczny przeznaczony do pomiarów antropometrycznych kątów odchylenia głowy



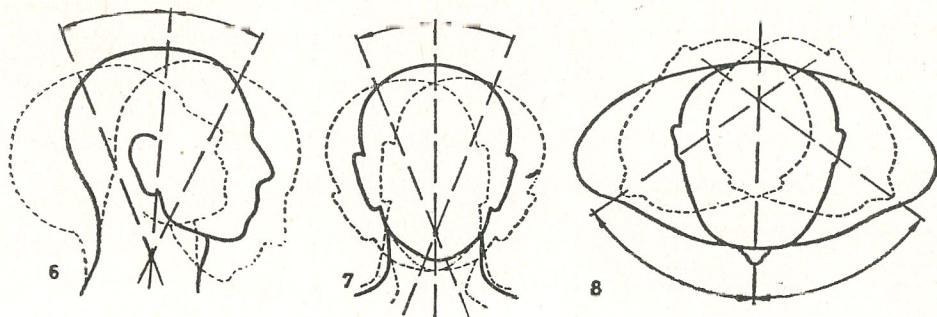
Ryc. 1 - 5. Przyrządy do pomiarów; 1 — kątomierz *KPG xy*, 2 — kątomierz *KPG z*, 3 — kątomierz *KPR xz*, 4 — kątomierz *KPR ch*, 5 — kątomierz *KPS z*

wy w dwu płaszczyznach: czołowej i strzałkowej. Składa się z potencjometru rtęciowego i układu pomiarowego ze wskaźnikiem wartości kątowych. Z pomocą powyższego kątomierza wykonano pomiary:

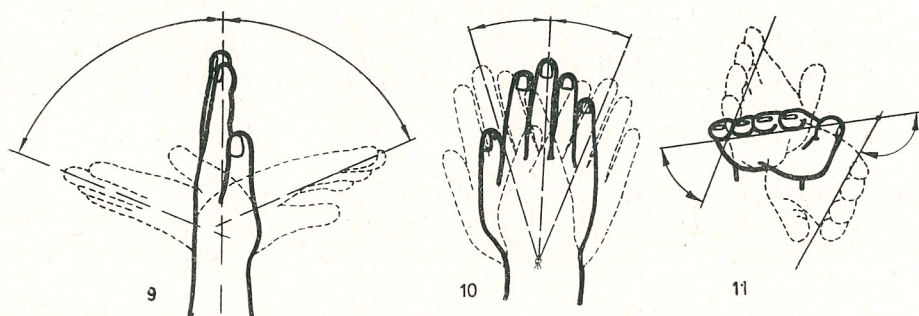
a) kątów odchylenia głowy do przodu i do tyłu od położenia normalnego (ryc. 6);

b) kątów odchylenia głowy w lewo i prawo od położenia normalnego (ryc. 7).

Kątomierz do pomiarów głowy *KPG z* (ryc. 2). Kątomierz magnetyczny do pomiarów skrętów głowy w płaszczyźnie poprzecznej (horyzontalnej) składa się z czapki, urządzenia sprzęgającego i busoli. Wielkości ką-



Ryc. 6 - 8. Szkice kątów odchyień głowy



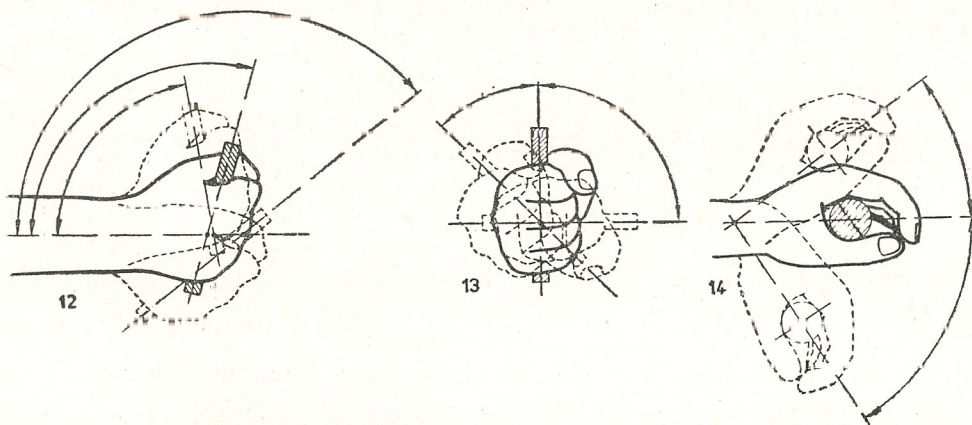
Ryc. 9 - 11. Szkice kątów odchyień ręki

towe odczytywane są na busoli. Z pomocą powyższego kątomierza wykonano pomiary kątów skrętu głowy w prawo i lewo w płaszczyźnie poprzecznej (ryc. 3).

Kątomierz do pomiarów ręki *KPR az* (ryc. 3). Kątomierz mechaniczny do pomiarów kątów ręki. Składa się on z dwóch łubków, poduszki pneumatycznej i urządzenia mocującego, w zależności od rodzaju pomiaru, kątomierz lub busolę. Z pomocą tego kątomierza wykonano pomiary:

- a) kątów odchylenia dłoni w górę i w dół do położenia normalnego (ryc. 9);
- b) kątów odchylenia dłoni w prawo i lewo od położenia normalnego (ryc. 10);
- c) kątów skrętu dłoni z przedramieniem w prawo i lewo od pozycji poziomej (ryc. 11).

Kątomierz do pomiarów ręki (chwytany) *KPR ch* (ryc. 4). Kątomierz mechaniczny służący do pomiarów kątów ręki w chwycie. Składa się z rękójści oraz urządzenia służącego do montowania tarczy uniwersalnej (kątomierza). Z pomocą powyższego kątomierza wykonano pomiary:



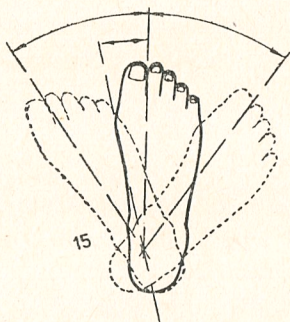
Ryc. 12 - 14. Szkice kątów obrotów ręki

a) kątów między osią przedramienia a osią przedmiotu cylindrycznego trzymanego w zaciśniętej dłoni: 1) przy normalnym położeniu dłoni, 2) przy odchyleniu dłoni do góry od położenia normalnego, 3) przy odchyleniu dłoni w dół od położenia normalnego (ryc. 12);

b) kątów skrętu zaciśniętej dłoni z przedramieniem w lewo i prawo od płaszczyzny pionowej dłoni (ryc. 13);

c) kątów odchylenia dłoni w górę i w dół od położenia normalnego przy dłoni zaciśniętej na chwycie cylindrycznym (ryc. 14).

Kątomierz do pomiarów stopy KPS z ryc. 5). Kątomierz mechanicz-



Ryc. 15. Szkic kątów odchylenia stopy

ny służący do pomiarów kątów skrętu stopy w płaszczyźnie poprzecznej (horyzontalnej). Z pomocą powyższego kątomierza wykonano pomiary kątów:

a) normalnego położenia stopy od płaszczyzny symetrii ciała;

b) skrętu stopy na zewnątrz i do wewnątrz od położenia normalnego (ryc. 15).

Dobór próby losowej. Na podstawie badań próbnych oszacowano minimalną wielkość próbki do badań $n=570$ osób (w tym 215 mężczyzn i 355 kobiet).

Licząc się z tym, że niektóre pomiary są obarczone błędem przypadkowym i trzeba je odrzucić, rzeczywiste liczebności próbek zwiększono o 20%. Po uwzględnieniu powyższego minimalna liczebność próbki powinna wynosić 711 osób, w tym 433 mężczyzn i 268 kobiet.

W trakcie wykonywania badań próbkę powiększono. Zbadano łącznie 860 osób (406 mężczyzn i 454 kobiety). W związku z przewidywanym wykorzystaniem wyników badań ograniczono się w wyborze próbki do losowania ludności czynnej zawodowo w wieku 18-60 lat pracującej w przemyśle społecznym. Zastosowano losowanie trójstopniowe. Losowano powiaty i liczbę osób do zbadania w każdym powiecie, następnie w wylosowanych powiatach — zakłady pracy i dopiero na końcu — osoby przewidziane do badań.

Losowanie wykonano korzystając z tabeli liczb losowych¹. Każdemu z powiatów przyporządkowano zbiór numerów różnych o liczebności proporcjonalnej do liczby zatrudnionych w przemyśle². Pomiary wykonano w zakładach przemysłowych — Warszawy, Łodzi, Poznania, Krakowa, Gdyni.

Ekipa pomiarowa składała się z 10 osób (5 prowadzących pomiary i 5 rejestrujących wyniki). Wyniki odczytywały stale te same osoby. Pomiary wykonywano w pozycji siedzącej, w zależności od rodzaju pomiaru w płaszczyźnie czołowej, strzałkowej lub poprzecznej (poziomej). Na każdej osobie badanej, z pomocą wyżej opisanych kątomierzy mierzono maksymalne kąty odchylenia głowy, dłoni, stopy. Czas badania jednej osoby wynosił 20 minut. Wyniki badań rejestrowano na kartach pomiarowych imiennie dla każdej badanej osoby, z zaznaczeniem zawodu, nazwiska, imienia, wieku i płci oraz miejsca prowadzenia pomiarów.

Tab. 1. Średnie wartości kątów (w stopniach) odchylenia i skrętów głowy

Czynność	♂♂ n = 406					♀♀ n = 454				
	Centyle			$\bar{x} \pm E_{\bar{x}}$	$S \pm E_S$	Centyle			$\bar{x} \pm E_{\bar{x}}$	$S \pm E_S$
	5	50	95			5	50	95		
Pochylenie głowy do przodu	33	55	76	55±0,7	13,2±0,5	31	59	80	57±0,7	15,4±0,5
Odchylenie głowy do tyłu	42	67	89	66±0,7	13,8±0,5	40	64	86	64±0,6	13,4±0,4
Przechylenie głowy na lewo	23	40	60	41±0,6	11,1±0,4	24	42	60	43±0,6	11,7±0,4
Przechylenie głowy na prawo	24	38	54	38±0,5	9,5±0,3	23	40	52	40±0,4	9,4±0,3
Skręt głowy w lewo	50	74	95	75±0,7	14,9±0,5	45	65	90	68±0,7	14,3±0,5
Skręt głowy w prawo	50	70	94	73±0,7	14,1±0,5	49	69	90	69±0,6	12,7±0,4

Tab. 2. Średnie wartości kątów (w stopniach) ruchów dłoni

Położenie dłoni	♂♂ n = 406					♀♀ n = 454				
	Centyle			$\bar{x} \pm E_{\bar{x}}$	$S \pm E_S$	Centyle			$\bar{x} \pm E_{\bar{x}}$	$S \pm E_S$
	5	50	95			5	50	95		
Wyprost dłoni	58	80	99	79±0,6	12,1±0,4	61	83	100	83±0,6	11,6±0,4
Zgięcie dłoni	63	81	99	82±0,6	11,2±0,4	65	85	103	85±0,6	11,8±0,4
Odprowadzenie dłoni	21	38	82	46±1,0	20,5±0,7	17	35	78	43±0,9	19,8±0,6
Przywiedzenie dłoni	12	26	45	28±0,6	11,1±0,4	14	29	48	29±0,6	13,2±0,4
Obrót dłoni w prawo	99	144	179	142±1,2	24,2±0,8	110	159	188	155±1,2	25,5±0,8
Obrót dłoni w lewo	47	80	117	82±1,1	21,3±0,8	55	98	139	97±1,2	24,7±0,8

¹ Handbook of statistical tables. D. B. Owena.

² Rozwój gospodarczy powiatów w latach 1950 - 1966. GUS. Warszawa 1967.

Tab. 3. Średnie wartości kątów (w stopniach) odchyień i skrętów dłoni zaciśniętej na chwycie cylindrycznym

Cecha	♂♂ n = 406						♀♀ n = 454					
	Centyle			$\bar{x} \pm E_{\bar{x}}$	$S \pm E_S$		Centyle			$\bar{x} \pm E_{\bar{x}}$	$S \pm E_S$	
	5	50	95				5	50	95			
∠ oś przedramienia - oś chwytu	90	95	111	98±0,3	6,5±0,2		90	95	112	99±0,5	10,3±0,3	
∠ zgięcia dłoni w stosunku do osi chwytu	153	179	215	181±1,1	20,7±0,8		144	190	244	192±1,4	29,9±1,0	
∠ wyprostu dłoni w stosunku do osi chwytu	40	73	89	71±0,8	16,2±0,6		26	72	81	69±1,0	21,1±0,7	
∠ skrętu dłoni w prawo	59	84	112	85±0,8	16,4±0,6		65	89	118	90±0,8	16,9±0,6	
∠ skrętu dłoni w lewo	64	89	122	90±0,9	18,2±0,6		64	96	129	97±0,9	19,5±0,6	
∠ wyprostu dłoni	31	53	88	55±0,9	17,4±0,6		28	48	85	52±0,8	17,7±0,6	
∠ zgięcia dłoni	50	85	119	85±1,1	21,1±0,7		48	85	126	86±1,1	24,3±0,8	

Tab. 4. Średnie wartości kątów skrętu stopy (w stopniach)

Położenie stopy	♂♂ n = 406						♀♀ n = 454					
	Centyle			$\bar{x} \pm E_{\bar{x}}$	$S \pm E_S$		Centyle			$\bar{x} \pm E_{\bar{x}}$	$S \pm E_S$	
	5	50	95				5	50	95			
∠ oś stopy - płaszczyzna pośrodkowa	0	9	21	10±0,3	6,9±0,2		-2	7	22	9±0,4	7,4±0,3	
∠ skrętu na zewnątrz	24	41	67	43±0,7	13,2±0,5		23	42	68	43±0,7	14,5±0,5	
∠ skrętu do wewnątrz	25	44	60	43±0,5	10,6±0,4		20	44	64	44±0,6	13,0±0,4	

Wyniki badań. Zebrany materiał poddano opracowaniu statystycznemu pierwszego stopnia. Obliczenia wykonano na maszynie matematycznej „Odra 1204” osobno dla mężczyzn i kobiet oraz łącznie. Wielkości centylowe obliczono na podstawie dystrybucyj empirycznych, gdzie i -ty centyl jest takie x , dla którego $F(x) = \frac{i}{100n}$, przy czym: x = wartość danej cechy, n = liczba spostrzeżeń. Wyniki badań zamieszczono w tabelach 1, 2, 3, 4.

Analiza wyników. Z obliczonych danych pomiarowych wynika, że: 1) ogólnie większą ruchliwość stawów obserwuje się u mężczyzn; 2) kąt powstały między osią stopy w położeniu normalnym a płaszczyzną symetrii ciała dla 5 centyla u kobiet przyjmuje wartość ujemną; 3) kąt powstały między osią przedramienia a osią przedmiotu cylindrycznego trzymanego w zaciśniętej dłoni charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem indywidualnym; 4) występuje większy względny zakres wielkości kątowych u kobiet.

MESURES ANTHROPOMÉTRIQUES DES CERTAINS MOUVEMENTS DE
L'HOMME UTILE POUR PROJETER DE MACHINES ET EQUIPEMENT

PAN ANNA BATOGOWSKA

L'auteur donne la description des examens anthropométriques des certains caractères fonctionnels de l'homme et des instruments utilisés dans ce but.

Les mesures ont été faites sur 860 individus (406 ♂ et 454 ♀) ce qui avait la valeur d'un lot représentatif. On a mesuré: les mouvements de l'inclinaison, de redressements et de rotation de la tête, les mouvements de la paume et du pied. Les résultats d'analyse sont présentés dans les tableaux 1 - 4.

ANTHROPOMETRIC MEASURES OF CERTAIN MOVEMENTS OF MEN USED
WHILE PROJECTING MACHINES AND EQUIPMENTS

BY ANNA BATOGOWSKA

The author gives descriptions of anthropometric examinations of certain functional characteristics of men and instruments used in this test.

The measurements have been made on 860 individuals (406 ♂ and 454 ♀) which were specially chosen for this test. The following was tested: the movement of the inclination, straightening and the rotation of the head, the movements of the palms and feet. The results of these are presented in the tables 1 - 4.