

## ARTYKUŁY PROBLEMOWE, KAZUISTYCZNE, DONIESIENIA Z BADAŃ

ANNA BATOGOWSKA, JERZY SŁOWIKOWSKI

### UKŁADY ODNIESIENIA W ANTROPOMETRII KLASYCZNEJ I ERGONOMICZNEJ

#### 1. ROZWÓJ BADAŃ ANTROPOMETRYCZNYCH W ŚWIETLE WSPÓLCZESNYCH POTRZEB

Technika pomiarów antropometrycznych, stojąca dzisiaj na wysokim poziomie, rozwijała się przez wiele lat. Artyści starożytni starając się określić proporcje ciała opierali się na relacjach między poszczególnymi częściami ciała, przyjmując za jednostkę odniesienia długość dłoni, głowy lub palca. W odniesieniu do tej jednostki wyrażali proporcje ciała. Ustalenia te służyły do określania prawidłowej, normatywnej budowy ciała ludzkiego — kanonów. Powszechnie znane są kanony Polikleta, który za jednostkę miary przyjął długość głowy a ciało dzielił na 8 części, innym znany kanonem jest kanon Vitruwiusa Pollia. Znane są kanony opracowane przez słynnych malarzy, takich jak Leonardo da Vinci czy Albrecht Dürer. Kanony te były próbą i wyrazem dążeń do opracowania pomiarowych metod antropometrycznych.

W XVIII i XIX wieku wprowadzono metody obliczania wskaźników antropometrycznych. Pierwszym wskaźnikiem, który do dnia dzisiejszego nie stracił swojej ważności, był wskaźnik szerokościowo-długościowy głowy Andrzeja Adolfa Retziusa.

Za początek kształtowania się techniki pomiarów — antropometrii jako metody usystematyzowanej — uważa się ogłoszoną w 1799 roku pracę Karola White'a, której podstawą były badania wykonane na 62 osobnikach żywych.

Szybki rozwój metod pomiarów ciała ludzkiego obserwuje się w drugiej połowie XIX wieku, szczególnie od czasów austriackiej ekspedycji naukowej w latach 1857 - 1859, w której lista pomiarów antropometrycznych doszła już do 42.

Prof. Paweł Broca w 1859 roku powołuje Towarzystwo Antropologiczne w Paryżu i ogłasza w 1865 roku pierwsze wskazówki antropometryczne systematycznie opracowane i ujęte w całość.

Z biegiem czasu w technice badań antropometrycznych zaczęło zachodzić wiele zmian, obserwowano niewłaściwości niektórych pomiarów i dowolność w ich wykonywaniu. Niemieckie Towarzystwo Antropologiczne w 1882 roku na zjeździe we Frankfurcie nad Menem zajęło się opracowaniem i ustaleniem definicji i metod najważniejszych pomiarów czaszki. Na Kongresie Antropologicznym w Monako w 1906 roku przedstawiono do aprobaty opracowane zasady ujednoczonych pomiarów antropometrycznych czaszki i głowy. Technika pomiarów przedstawiona na Kongresie stała się obowiązująca. Na Międzynarodowym Kongresie w Genewie w 1912 roku ujednoczono technikę pomiarów dokonywanych na całym człowieku żywym. Technikę i metody pomiarów opracował i opublikował w 1914 r. Rudolf Martin. Propozycja opracowana przez Martina została powszechnie przyjęta i stała się klasyczną techniką pomiarową stosowaną na całym świecie.

Jak widać z powyższego przeglądu rozwoju antropometrii, dążenie do ujednoczenia metod pomiarowych jest sprawą powszechną i obserwowaną od dawna.

## 2. UKŁADY ODNIESIENIA W ANTROPOMETRII KLASYCZNEJ

Antropometrią klasyczną nazywamy zespół technik pomiarowych obowiązujących i stosowanych od czasów Martina w badaniach antropometrycznych, obejmujących nie tylko pomiary w dosłownym sensie, lecz również metody opisowe. Techniki pomiarowe dotyczą odległości między wyróżnionymi punktami i płaszczyznami antropometrycznymi, pomiary kątów między płaszczyznami lub liniami ciała oraz obwodów. Celem i zadaniem antropometrii klasycznej jest:

- określenie stanowiska człowieka jako jednostki systematycznej w świecie zwierzęcym;
- badanie zmienności cech morfologicznych w zależności od układu geograficznego, przynależności etnicznej itp.;
- badanie prawidłowości rozwoju fizycznego w różnych fazach ontogenezy;
- zastosowanie praktyczne w różnych dziedzinach nauki i techniki (medycyna sądowa, położnictwo, pediatria, higiena szkolna, geriatria, projektowanie mebli szkolnych, obuwia, odzieży\*, umundurowania itp.).

\* Na podstawie „zdjęcia antropometrycznego” wykonanego przez Komisję Antropometrii PAN w 1955 - 1958 opracowano np. wzorce manekinów krawieckich dla potrzeb przemysłu odzieżowego.

Zastosowania praktyczne antropometrii klasycznej marginesowo na razie traktują potrzeby wielkoprzemysłowej produkcji. Wyżej wymienione grupy wyrobów, w projektowaniu których zastosowanie antropometrii klasycznej jest wystarczające, stanowią drobną część wytworów materialnych człowieka. Antropometria klasyczna służy raczej do osiągnięcia celów poznawczych, niż do zaspokajania potrzeb projektantów i konstruktorów tworzących przedmioty składające się na otoczenie materialne współczesnego człowieka. Dla wyraźnego podkreślenia oddziaływania na antropometrię jej zastosowań przemysłowych poniżej omówiono podstawowe terminy i pojęcia stosowane w antropometrii klasycznej.

#### PUNKTY ANTROPOMETRYCZNE

Charakter prac antropometrycznych prowadzonych w ubiegłym stuleciu, który pozostał prawie taki sam do dziś, stworzył potrzebę określenia pewnej grupy punktów antropometrycznych ułatwiających uchwycenie interesujących cech.

W celu umożliwienia porównania z sobą pomiarów dokonywanych przez różnych badaczy ustalono punkty pomiarowe, tj. dokładnie określono miejsca na kośćcu lub powierzchni ciała, służące do wykonania pomiarów. Prawidłowe zdefiniowanie i określenie położenia punktów antropometrycznych pozwala na jednoznaczne przeprowadzenie pomiarów i ścisłość w uzyskiwaniu danych.

Definicje punktów antropometrycznych opracowanych i stosowanych w antropometrii klasycznej oraz wskazówki co do ich użytkowania podane są w podręcznikach antropologii.

Zestaw punktów antropometrycznych opracowany i znany w antropometrii klasycznej okazuje się jednak dla niektórych celów badawczych i praktycznych niewystarczający i wymaga licznych uzupełnień i rozwinienia.

Należy zadać sobie pytanie czy przeprowadzenie pomiarów antropometrycznych dla celów przemysłowych, z uwzględnieniem wspomnianego wyżej zestawu punktów antropometrycznych jest wystarczające, czy też powinno się mówić o jakiejś specjalnej „antropometrii ergonomicznej”. Śmiało już dzisiaj można odpowiedzieć, że istnieje wiele zagadnień i sytuacji spotykanych w przemyśle (jest to szczególnie wyraźne w dziedzinie „projektowania ergonomicznego”), dla których obok pewnych punktów ustalonych przez antropometrię klasyczną, przydatnych w praktykach projektowych, należałoby wprowadzić dodatkowe punkty pozwalające na przeprowadzenie pomiarów o charakterze specjalnym. Oprócz wprowadzenia dodatkowych punktów antropometrycznych konieczne jest wprowadzenie uzupełnień do istniejących metod pomiarowych oraz określenie nowych punktów w przestrzeni pracy człowieka, będących punktami odniesienia.

## PŁASZCZYZNY CIAŁA

Jako bazę metrologiczną przy pomiarach ciała ludzkiego przyjęto układ kartezjańskich trzech płaszczyzn wzajemnie prostopadłych: strzałkowej (*planum sagittale*), czołowej (*planum frontale*) i poprzecznej (*planum transversale*). Płaszczyzny te są bardzo różnorodnie definiowane. Poniżej podajemy definicje płaszczyzn zaczerpnięte z różnych źródeł.

a) *Mały słownik antropologiczny* [1976]

„Płaszczyzny ciała — układ prostopadłych płaszczyzn związany z osią symetrii ciała. Przez główną oś symetrii ciała przechodzą dwie prostopadłe płaszczyzny: strzałkowa, dzieląca ciało na części lewą i prawą, oraz czołowa, która dzieli ciało na części tylną i przednią. Pozioma płaszczyzna, prostopadła do głównej osi ciała zwana płaszczyzną frankfurcką, przechodzi na wysokości uszno-ocznej a wyznaczają ją trzy punkty: lewy i prawy *tragion* i najniższy punkt lewego oczodołu. Do tych trzech prostopadłych płaszczyzn można przeprowadzić przez dowolny punkt ciała płaszczyzny równoległe”.

b) *Zarys antropometrii* [G o d y c k i 1956]

„Płaszczyzny ciała wyznaczają się według osi ciała. Stanowią one niejako przecięcie ciała w różnych kierunkach i pomagają w orientacji opisów położenia przestrzennego. Zależnie od linii, przez które wspomniane płaszczyzny przechodzą, nazywamy je strzałkową, środkową, strzałkową przymostkową itd., lub czołową przedniopachową, czołową pośladkową itd. Płaszczyznę pionową, przechodzącą przez linię środkową przednią i tylną oraz wszystkie równoległe do niej nazywamy płaszczyznami strzałkowymi. Dzieli one ciało na części prawą i lewą.

Płaszczyznę pionową, biegnącą prostopadłe do poprzedniej oraz wszystkie równoległe do niej nazywamy płaszczyznami czołowymi. Dzieli one ciało na część przednią i tylną. Płaszczyznę poziomą, przebiegającą prostopadłe do poprzednich przez dowolną linię ciała oraz wszystkie równoległe do niej nazywamy płaszczyznami poprzecznymi. Dzieli one ciało na część górną i dolną”.

c) *Zarys antropologii* [J a s i c k i i in. 1962]

„Płaszczyzna pozioma frankfurcka (oczno-uszna) jest to płaszczyzna pozioma przechodząca przez trzy następujące punkty na czaszce: 2 punkty — prawy i lewy *porion* leżące na górnej krawędzi otworów słuchowych zewnętrznych oraz punkt leżący najniżej, na dolnej krawędzi lewego oczodołu. Na osobniku żywym zamiast punktu *porion* bierzemy punkt *tragion*. W omówionej płaszczyźnie ustawia się czaszkę, względnie głowę, przy dokonywaniu niektórych pomiarów liniowych, a przede wszystkim kątów. Płaszczyzny poziome są to płaszczyzny równoległe do płaszczyzny poziomej frankfurckiej i dzielące ciało na części górną i dolną. Płaszczyzna pośrodkowa jest to płaszczyzna przednio-tylna przechodząca pionowo przez ciało i dzieląca je na dwie symetryczne połowy — prawą i lewą.

Płaszczyzna pośrodkowa oraz wszystkie płaszczyzny równoległe do pośrodkowej noszą nazwy płaszczyzn strzałkowych. Dla jednoznacznego określenia którejkolwiek z płaszczyzn strzałkowych wystarczy podać tylko jeden punkt, przez który

dana płaszczyzna przechodzi. Płaszczyzny czołowe są to płaszczyzny prostopadłe do płaszczyzn strzałkowych i poprzecznych. Płaszczyzny te przechodzą pionowo przez ciało dzieląc je na część przednią i tylną”.

d) *Antropometria inżynierska* [Wolański, Niemiec, Pyżuk 1975]

„Płaszczyzna środkowa strzałkowa, zwana także pośrodkową, przechodzi przez oś podłużną ciała od przodu ku tyłowi, dzieli ciało na dwie symetryczne części: lewą i prawą. Płaszczyzna czołowa główna prostopadła do płaszczyzny strzałkowej przechodzi przez oś podłużną ciała, dzieli ciało na część tylną i przednią (grzbietową i brzuszna).

Płaszczyznę poziomą frankfurcką wyznaczają ułożone poziomo punkty prawy i lewy szczyt guzka ucha (*tragion*) oraz punkt położony najniżej na dolnej krawędzi lewego oczodołu. Płaszczyzna poprzeczna — każda płaszczyzna pozioma prostopadła do środkowej strzałkowej i czołowej głównej”.

e) *Bionika ruchu* [Morecki, Ekiel, Fidelus 1971]

„Płaszczyzna strzałkowa jest to płaszczyzna dzieląca tułów i głowę na części prawą i lewą oraz kończynę na części boczną i przyśrodkową, przy równoległym ustawieniu stóp i odwróconym ustawieniu przedramienia z ręką. Ruchy ciała w płaszczyźnie strzałkowej nazywamy zginaniem i prostowaniem.

Płaszczyzna czołowa jest to płaszczyzna dzieląca tułów, głowę i kończyny dolne na części przednią i tylną oraz kończyny górne na części dłoniową i grzbietową.

Ruchy kończyn w płaszczyźnie czołowej nazywa się przywodzeniem i odwodzeniem, ruchy tułowia i głowy skłonami w prawo i w lewo.

Płaszczyzna poprzeczna jest to płaszczyzna dzieląca tułów i głowę na części górną i dolną oraz kończyny na części proksymalną (bliższą tułowia) i dystalną (dalszą tułowia). Ruchy w stawach kończyn w płaszczyźnie poprzecznej nazywa się nawracaniem i odwracaniem, a ruchy tułowia i głowy skrętami w lewo i w prawo”.

Z powyższych przykładów widać, że stosuje się dwa systemy definiowania układów odniesienia: opierając się na pojęciu osi ciała (a, b, d) bądź przez pojęcia pionu — poziomu (c, e).

Zgodnie z zasadami antropometrii klasycznej zatwierdzonymi na Międzynarodowym Kongresie w Genewie w 1912 roku pomiary na osobnikach żywych wykonywane są w postawie wyprostowanej z głową ustawioną w płaszczyźnie frankfurckiej. Położenie płaszczyzny frankfurckiej określa się w ten sposób, że linia łącząca *tragiony* i dolny brzeg lewego oczodołu jest równoległa do poziomu, na którym stoi badany. Przy ustawieniu głowy w tej płaszczyźnie najwyższy punkt antropometryczny na głowie *vertex* jest granicą górną wzrostu. Ustawienie głowy w płaszczyźnie poziomej frankfurckiej jest bardzo ważne dla antropometrii klasycznej, gdyż położenie większości punktów antropometrycznych głowy, takich jak *vertex*, nie jest stałe i ich miejsce określa się zależnie od ustawienia głowy.

## LINIE CIAŁA (NARYSY)

Płaszczyzny ciała wyznaczają na powierzchni ciała tzw. linie ciała, i tak główna płaszczyzna strzałkowa, zwana także płaszczyzną środkową, wyznacza dwie linie: pośrodkową przednią i pośrodkową tylną, natomiast nazwy innych linii ciała pochodzą od regionów ciała, przez które te linie przechodzą. Linie ciała odnoszą się głównie do tułowia.

## POZYCJE CIAŁA

W antropometrii klasycznej, przy wykonywaniu pomiarów ciała ludzkiego znane są trzy zasadnicze pozycje: stojąca, siedząca, leżąca.

Pomiary ciała w pozycji stojącej (zgodnie z porozumieniem międzynarodowym na kongresie w Genewie) wykonywane są w postawie wyprostowanej, ręce opuszczone, głowa ustawiona w płaszczyźnie poziomej frankfurckiej. Pomiary ciała w pozycji siedzącej dokonuje się sadzając badanego na stołeczku o wysokości 30 - 40 cm z kolanami nieco podgiętymi, głowa wyprostowana, ustawiona w pozycji frankfurckiej. W celu wyprostowania osoby badanej naciska się na podbródek badanego z jednej strony, a z drugiej na okolicę kości krzyżowej. Pomiaru w pozycji leżącej dokonuje się na osobach leżących pamiętając o prawidłowym ustawieniu ciała, co osiąga się przez prawidłowe ułożenie głowy.

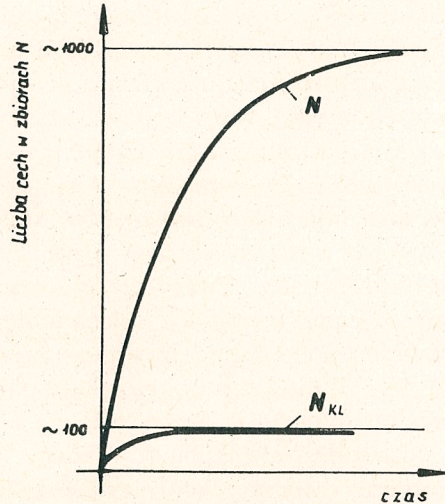
Wprowadzenie stałych, wymuszonych pozycji ciała przy przeprowadzaniu klasycznych pomiarów antropometrycznych jest niezbędne i konieczne, gdyż pozwala na uzyskanie jednoznacznych, porównywalnych wyników.

Przy wykonywaniu przez człowieka pracy obserwuje się występowanie pozycji pośrednich: kucznej, klęcznej, pochylonej. Pozycje te nie były uwzględniane w badaniach prowadzonych przez antropometrię klasyczną.

Uwzględnianie stałych, niezmiennych układów odniesienia utrudnia lub uniemożliwia przeprowadzenie badań związanych z wieloma sytuacjami występującymi w praktyce. Za pomocą klasycznych układów odniesienia i metod stosowanych w antropometrii klasycznej można uzyskać tylko względnie niewielką ilość informacji przydatnych dla projektantów i konstruktorów. Szacuje się, że w pierwszych zestawach danych antropometrycznych, sporządzanych dla prac projektowych i konstrukcyjnych, liczba cech antropometrycznych uzyskanych w drodze stosowania metod klasycznych wynosi około 80%. W krajach bardziej zaawansowanych w stosowaniu ergonomii liczba ta maleje do poniżej 50% i będzie ona maleć w miarę wzbogacania zbiorów danych antropometrycznych o nowe, dotychczas nie znane cechy\*.

\* W Polsce udział danych klasycznych kształtował się w kolejnych wydaniach zbiorów danych następująco: I wydanie atlasu „Mały atlas antropometryczny do-  
rosłej ludności Polski dla potrzeb projektowania” — 100%, II wydanie atlasu „Atlas

Z praktyki wynika, że liczba cech przydatnych dla celów projektowych a mierzonych metodami klasycznymi wynosi około stu. Szacuje się, że najbardziej rozbudowane zbiory cech, włączywszy w to cechy dynamiczne mierzone w całej sferze aktywności kończyn, zawierać będą około 800 - 1000 pozycji. Zatem udział cech „klasycznych” spadnie w przyszłości do około 10% (rys. 1).



Rys. 1. Kształtowanie się udziału cech „klasycznych” ( $N_{kl}$ ) w ogólnej liczbie cech ( $N$ ) w zbiorach danych antropometrycznych do projektowania

Należy pamiętać, że zadaniem antropologa-ergonometry jest dostarczenie pełnej ilości informacji niezbędnych w praktykach projektowych i konstrukcyjnych. W związku z tym nie może on i nie powinien ograniczać się tylko do pomiarów klasycznych, gdyż te, jak już wspomniano, w ergonomii odgrywają minimalną rolę. Jest sprawą pierwszej wagi, aby rozwój terminologii antropometrycznej oraz wprowadzanie nowych elementów antropometrii wynikające z jej zastosowań nie odbywały się żywiołowo, lecz były kontrolowane i opanowane przez specjalistów antropologów. Antropologowie zajmujący się tym zagadnieniem czerpać mogą inspiracje ze swych ścisłych związków z ergonomią, a przez ergonomię z techniką i metodami projektowania inżynierskiego.

Dla celów praktycznych — ergonomicznych konieczne jest prowadzenie pomiarów całego ciała człowieka w różnorodnych pozycjach pracy. W jednym przypadku będzie to pozycja stojąca, w innym siedząca, pochylona, kuczna, klęczna itp. Dokonywanie tego typu pomiarów wiąże się z wprowadzeniem nowych punktów, płaszczyzn, metod pomiarowych i układów odniesienia.

*antropometryczny dorosłej ludności Polski dla potrzeb projektowania* — 76%, III wydanie tegoż atlasu 65%. Polska Norma PN-75/N-08000 „Dane ergonomiczne do projektowania. Wymiary ciała ludzkiego” — 82%.

### 3. UKŁADY ODNIESIENIA W ANTROPOMETRII ERGONOMICZNEJ

Masowa produkcja konfekcji, obuwia i innych podobnych przedmiotów powszechnego użytku, jak również broni i sprzętu wojskowego wymagała przeprowadzenia na szeroką skalę badań antropometrycznych. Inicjatorem tych badań było w pierwszym okresie wojsko, następnie, w miarę kształtowania się odpowiednich metod, wszechstronnymi badaniami objęto również inne grupy ludności.

Do budownictwa maszyn, a szczególnie maszyn roboczych i pojazdów, antropometria trafiła nieco później. Przyczyną tego była niewątpliwie skomplikowana budowa maszyn oraz fakt, że obsługujący je robotnik nie decyduje o ich nabyciu i zastosowaniu, choć bezpośrednio na sobie odczuwa niejednokrotnie skutki ich nieprawidłowego (z punktu widzenia anatomicznego) zaprojektowania.

Wraz z rozwojem przemysłu, na rynku zaczyna się obserwować walkę konkurencyjną między wytwórcami maszyn. Walka dopinguje producentów do poprawienia i udoskonalenia produkowanych wyrobów, w tym również pod względem ergonomicznym. Produkowane maszyny zaczynają być budowane z uwzględnieniem znajomości cech antropometrycznych człowieka — operatora.

Zaczątki antropometrycznego punktu widzenia przy projektowaniu maszyn znalazły swój wyraz także w środowiskach twórców techniki. W Polsce np. w ramach przedmiotu „Części maszyn” wykładanego na Politechnice Warszawskiej, prof. M o s z y ń s k i [S ł o w i k o w s k i 1970] podał już w latach pięćdziesiątych zasady konstruowania maszyn na podstawie wymiarów ciała ludzkiego. Podaje on jednak tylko średnie wymiary kostne i traktuje człowieka jako „złożony układ dźwigni”. Długości kości między stawami (stawy są traktowane jako przeguby) sumują się w długości kończyn i tułowia. Z punktu widzenia antropometrii jest to niewątpliwie pojęcie zbyt uproszczone, jednakże dla nauk technicznych stanowi radykalny krok naprzód w myśleniu antropometrycznym (rys. 2). Później obserwuje się dalsze, metodologicznie bardziej prawidłowe próby rozwinięcia tego problemu. Przede wszystkim zaczyna się stosować wymiary gabarytowe ciała ludzkiego.

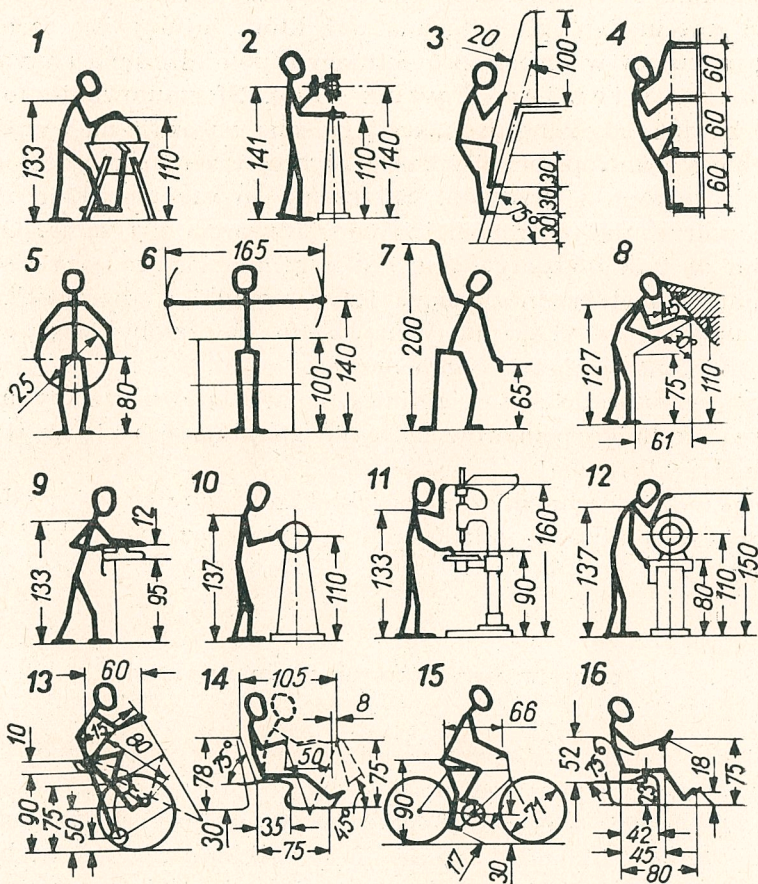
W wielu krajach przeprowadzane są bardziej lub mniej wszechstronne pomiary antropometryczne ludności. Jednak nie wszystkie z nich mogą być bezpośrednio wykorzystywane w procesie projektowania. Jak więc widać, wymagania techniki spowodowały konieczność rozwinięcia dotychczasowych poglądów na zagadnienia mierzenia człowieka oraz odejście od wielu klasycznych kanonów.

Jak już wspomniano poprzednio, klasyczne pomiary antropometryczne wykonywane były w ustalonych pozycjach wymuszonych, w stosunku do przyjętego układu odniesienia. Przy pomiarach dla potrzeb ergono-



mii ustawienie ciała tak, jak to było w antropometrii klasycznej, według płaszczyzny frankfurckiej, jest niewłaściwe, gdyż w praktyce nie spotyka się sytuacji by głowa na dłużej przyjmowała taką pozycję. W czasie wykonywania pracy głowa najczęściej jest pochylona do przodu, a plecy lekko pochylone.

Pomiary antropometryczne dla potrzeb projektowych i konstrukcyjnych powinny uwzględniać różne pozycje operatora w czasie wykony-



Rys. 2. Konstrukcja urządzeń na podstawie wymiarów ciała człowieka wg W. Moszyńskiego [1954]

wania czynności zawodowych. Aby były one w pełni użyteczne, powinny uwzględniać pozycję ciała najbliższą lub identyczną z pozycją przyjmowaną przy wykonywaniu jakiejś czynności, zapewniającą naturalny układ ciała i sprawne jego działanie.

## ANTROPOMETRIA ERGONOMICZNA

Obserwując omówiony już wyżej, stale zwiększający się udział pomiarów specjalnych, „nieklasycznych” w antropometrii można uznać za uzasadnione określenie badań obejmujących tę grupę pomiarów skrótową nazwą antropometrii ergonomicznej.

Potrzebę wyodrębnienia antropometrii ergonomicznej dostrzegali niektórzy badacze np. N. Wolański, który uzasadnia to sformułowanie następująco: „Zastosowany tu termin antropometria inżynierska ma odpowiadać pojęciu dyscypliny technicznej, którą zajmuje się technik antropolog pracujący w zespole projektującym pomieszczenia i urządzenia” [Wolański, Niemiec, Pyżuk 1975]. Sformułowanie to można uznać za bardzo radykalne, jednakże jego sens wskazuje na wyraźne wyodrębnienie się antropometrii sprzężonej bezpośrednio z procesami projektowania maszyn i urządzeń. Sprzężenie to ma charakter zwrotny: technika potrzebując antropometrii oddziałuje na nią sama. Ogniwem pośrednim w tym oddziaływaniu jest ergonomia zajmująca się „przekładaniem parametrów ludzkich na język techniki i odwrotnie”.

Aby uniknąć radykalizmu Wolańskiego należałoby więc stosować raczej termin antropometria ergonomiczna.

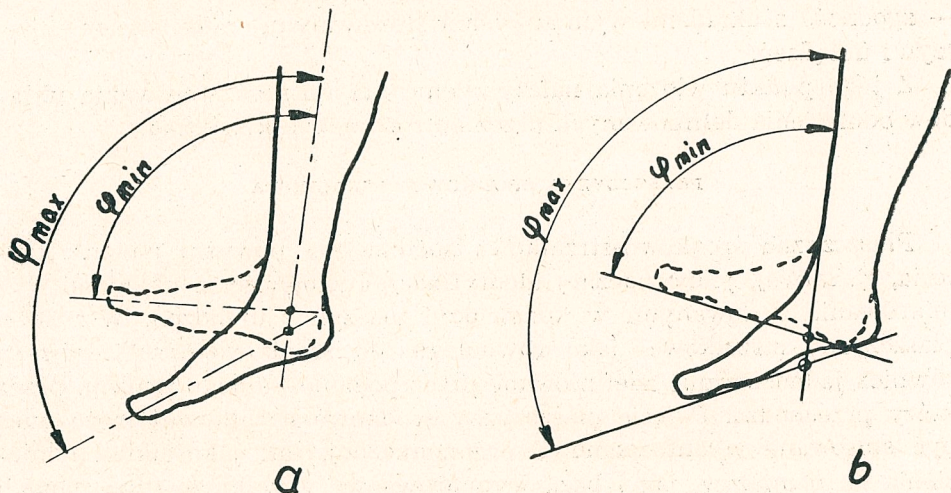
Nie pretendując do ścisłej definicji nazwa ta oznaczałaby umownie metodykę i technikę pomiarów cech nie znajdujących się w wykazach antropometrii klasycznej.

Antropometria ergonomiczna charakteryzowałaby się więc odmiennością: mierzonych cech, układów odniesienia oraz metodyki i techniki pomiarów.

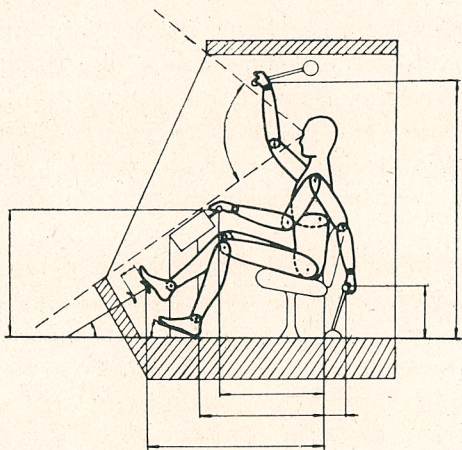
## CECHY W ANTROPOMETRII ERGONOMICZNEJ

Odmienność cech mierzonych w antropometrii ergonomicznej jest dwójakiego rodzaju. Po pierwsze mogą to być cechy znane z antropometrii klasycznej, lecz mierzone z różnych przyczyn w inny sposób, najczęściej względem innych układów odniesienia. Przykładem mogą tu być kąty maksymalnego odchylenia stopy w górę i w dół. Nie są one mierzone od osi podudzia do osi stopy (rys. 3 a), lecz od płaszczyzny stycznej do przedniej części podudzia i płaszczyzny stycznej do stopy (rys. 3 b). Po drugie mogą to być cechy, którymi nie zajmowała się antropometria klasyczna. Wyróżnić tu można trzy ich grupy:

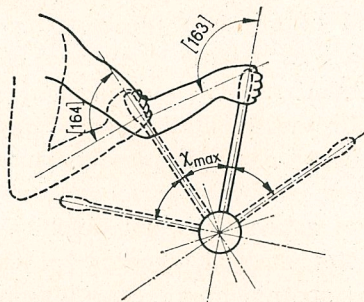
- cechy specyficzne, determinowane przez strukturę przestrzenną stanowiska pracy (rys. 4);
- cechy determinowane przez konstrukcję i właściwości elementów sterujących lub ręcznych narzędzi pracy (rys. 5);
- cechy gabarytowe i dynamiczne mierzone w odzieży profesjonalnej.



Rys. 3. Sposób pomiaru zakresu ruchów stopy wg zasad antropometrii klasycznej (a) wg N. Wolańskiego i in. [1975] i ergonomicznej (b) wg E. Nowak [1973]



Rys. 4. Cechy antropometryczne specyficzne determinowane przez strukturę przestrzenną stanowiska pracy



Rys. 5. Cechy antropometryczne determinowane przez konstrukcję i właściwości elementów sterujących

UKŁADY ODNIESIENIA

Układy odniesienia w antropometrii ergonomicznej muszą spełniać wszystkie wymagania, jakie stawia się układom odniesienia w antropometrii klasycznej, a ponadto spełniać muszą także wymagania dodatkowe, wg następujących kryteriów:

— możliwość łatwej i jednoznacznej identyfikacji przez użytkownika danych antropometrycznych — konstruktora i projektanta;

— zgodność z układami wymiarowania stosowanymi w konstrukcji maszyn i urządzeń.

Z tego punktu widzenia należy ocenić przydatność stosowania układów odniesienia definiowanych przez antropometrię klasyczną.

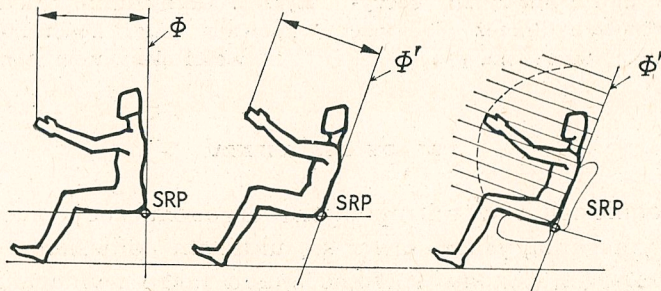
#### PLASZCZYZNA ŚRODKOWO-STRZAŁKOWA

Plaszczyzna środkowo-strzałkowa spełnia oba powyżej podane kryteria, tj. łatwej, jednoznacznej identyfikacji i zgodności z układami wymiarowania stosowanymi w konstrukcji maszyn i urządzeń. Wszystkie płaszczyzny strzałkowe, jako równoległe do środkowo-strzałkowej, są również jednoznacznie zdefiniowane przez podanie jednego punktu, przez który przechodzą. Pojęcie płaszczyzny środkowo-strzałkowej może więc być stosowane w antropometrii ergonomicznej, tak jako układ odniesienia do pomiarów, jak i baza wymiarowa we wszelkiego typu danych antropometrycznych do projektowania.

#### PLASZCZYZNA CZOŁOWA

Klasyczne definicje podają, że płaszczyzna czołowa dzieli ciało na część przednią i tylną, jednakże wskutek niezdefiniowania obu tych części położenie jej granic nie jest określone. Sprawę komplikuje fakt, że płaszczyzny czołowe styczne do ciała, jak np. bardzo ważna jako układ odniesienia płaszczyzna czołowa styczna do oparcia pleców, nie mogą być według powyższej definicji uważane za płaszczyzny czołowe, ponieważ nie dzielą ciała na części.

Gdybyśmy płaszczyznę czołową zdefiniowali jako płaszczyznę pionową, prostopadłą do płaszczyzny strzałkowej, wówczas byłaby ona określona jednoznacznie przez podanie jednego punktu, przez który przechodzi. Wyżej zaproponowana definicja jest prawidłowa z punktu widzenia zasad stereometrii, zgodna z klasycznym rozumieniem płaszczyzny czołowej i spełnia poprzednio wymienione dwa kryteria przydatności.



Rys. 6. Płaszczyzna odchylona pod kątem w stosunku do płaszczyzny czołowej, będąca płaszczyzną odniesienia w przypadku operatora siedzącego

W antropometrii ergonomicznej należałoby wyróżnić szczególną płaszczyznę czołową: płaszczyznę czołową styczną do powierzchni oparcia pionowego. Jest ona bazą dla pomiarów zasięgów o kierunku przednim, a równocześnie jest podstawową bazą wymiarową w konstrukcji stanowisk operatora siedzącego. W sytuacjach praktycznych często spotyka się płaszczyzny prostopadłe do płaszczyzny strzałkowej odchylone jednak od płaszczyzny czołowej o pewien kąt, np. płaszczyzna oparcia fotela  $\varphi'$  (rys. 6) lub płaszczyzna pochylenia pleców operatora stojącego

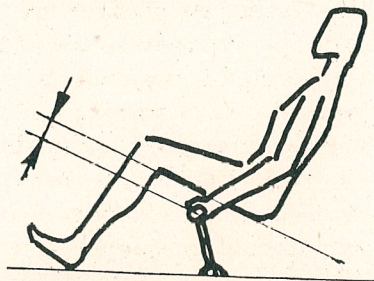


Rys. 7. Płaszczyzna odchylona pod kątem w stosunku do płaszczyzny czołowej będąca płaszczyzną odniesienia w przypadku operatora stojącego

$\varphi''$  (rys. 7). Pełnią one rolę układów odniesienia, analogicznie do płaszczyzn czołowych, w sytuacjach pochylonego tułowia. Pozostaje sprawą otwartą ich zdefiniowanie. Niewątpliwą cechą tych płaszczyzn jest ich prostopadłość do płaszczyzny strzałkowej.

#### PŁASZCZYZNA POPRZECZNA

Płaszczyzna poprzeczna definiowana jest jako dowolna płaszczyzna pozioma, a więc prostopadła jednocześnie do płaszczyzny strzałkowej i czołowej. Jej definicja spełnia wymienione poprzednio kryteria przydatności. Płaszczyzna ta jest jednoznacznie zdefiniowana przez podanie jednego punktu, przez który przechodzi.



Rys. 8. Zasięg dolny ręki mierzony od  $B_s$  w przypadku odchylonej od poziomu płaszczyzny siedziska

W antropometrii ergonomicznej szczególne znaczenie mają płaszczyzny poprzeczne: *basis*, *basis sedens*, płaszczyzna przechodząca na wysokości łokci (wysokość płaszczyzny pracy), płaszczyzna przechodząca przez punkt *acromion*, płaszczyzna linii wzroku.

W zastosowaniach praktycznych często spotyka się płaszczyzny prostopadłe do płaszczyzny strzałkowej, odchylone jednak od poziomu, np. płaszczyzna siedziska fotela operatora. Płaszczyzny te mogą pełnić rolę układów odniesienia analogicznie do płaszczyzn poprzecznych w sytuacjach niepoziomej płaszczyzny siedziska (rys. 8).

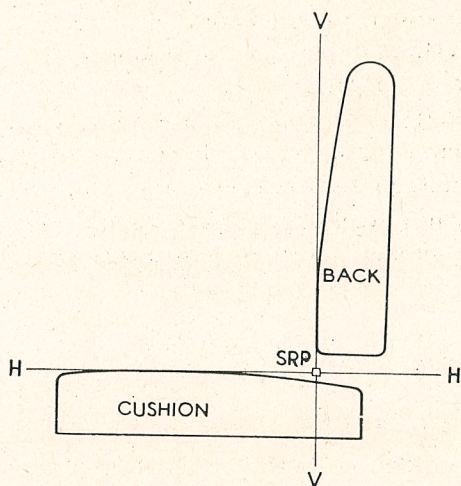
#### OS CIAŁA

Używane w klasycznej antropometrii definicje płaszczyzn ciała (definicje a, b, d) oparte są na pojęciu osi ciała, przy czym sama „oś ciała” (lub „oś podłużna ciała”) nie jest osobno zdefiniowana, natomiast wyjaśniana bywa jako krawędź przecięcia płaszczyzny środkowo-strzałkowej i czołowej. Zachodzi więc tu przypadek opisanego definiowanego, co budzi zasadnicze zastrzeżenia. W przypadku, gdyby w definiowaniu osi ciała posłużono się definicjami płaszczyzn ciała nie bazującymi na pojęciu osi ciała (definicja c, e), położenie osi ciała pozostałoby nadal nieokreślone z powodu niejednoznaczności określenia płaszczyzny czołowej. Tak więc dla użytku konstruktorów i projektantów pojęcie osi ciała jest niewykorzystywalne, ponieważ nie spełnia wyżej wymienionych dwu kryteriów przydatności.

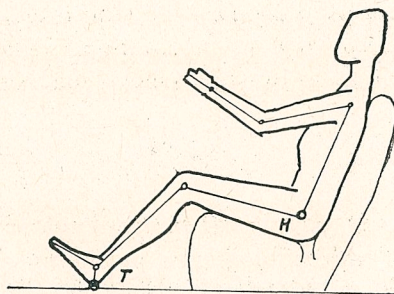
#### UKŁADY ODNIESIENIA STOSOWANE W PRAKTYCE KONSTRUKCJI MASZYN I URZĄDZEŃ

Przy określaniu strefy zasięgu kończyn górnych przyjęto przestrzenny układ pomiarowy złożony z trzech płaszczyzn wzajemnie prostopadłych: pionowa — styczna do oparcia siedziska, środkowo-strzałkowa, poprzeczna — przechodząca przez punkty *acromion*. Przecięcie tych trzech płaszczyzn wyznacza początek trzech osi współrzędnych układu pionowego [Nowak 1976]. Jako układ odniesienia dla wymiarowania stanowiska pracy operatora siedzącego, np. kierowcy, stosuje się często, rysowany zazwyczaj w płaszczyźnie środkowo-strzałkowej, punkt przecięcia linii stycznej do płaszczyzny oparcia i płaszczyzny siedziska (rys. 9). Ponieważ płaszczyzny te mogą być niezależnie od siebie odchylone od pionu (oparcie) i poziomu (siedzisko), układ ten może nie być układem prostokątnym, a wymiary mierzone w klasycznych płaszczyznach czołowych i poprzecznych muszą być transponowane na ten układ.

Innym układem stosowanym w konstrukcji stanowisk pracy kierowców jest układ podobny do wyżej opisanego, przy czym punkt początkowy układu znajduje się w pobliżu punktu obrotu uda w stawie biodrowym (rys. 10, p.H). W jeszcze innym układzie punkt początkowy jest



Rys. 9. Punkt zerowy układu współrzędnych opartych na stycznych do płaszczyzny siedziska i oparcia fotela SRP (Seat Reference Point) wg projektu normy ISO/TC-127/SC2/USA-2C/88 March 1973



Rys. 10. Układy odniesienia dla projektowania stanowiska pracy kierowcy wg projektu normy ISO/TC-127/SC2/France 6/87. Punkt początkowy układu — w pobliżu osi obrotu uda w stawie biodrowym (H) lub w punkcie podparcia pięty (T)

punktem podparcia pięty kierowcy (rys. 10 p.T), do którego adaptuje się pozostałe elementy stanowiska (fotel, kierownica, dźwignie regulacyjne). Jak widać z przytoczonych przykładów, różnorodność pozycji ciała ludzkiego w czasie pracy wymaga zróżnicowanego i elastycznego podejścia do zagadnienia układów odniesienia w pomiarach antropometrycznych dla potrzeb techniki. W każdym przypadku jednak spełnione muszą być wymagania, jakie stawia się układom odniesienia w antropometrii klasycznej i wspomniane wyżej dwa kryteria przydatności.

#### METODYKA POMIARÓW

Zarówno w antropometrii klasycznej, jak i ergonomicznej ważnym elementem metodycznym są wymuszenia pozycji ciała człowieka. W antropometrii klasycznej wymuszenia te wynikają z dążenia do zmniejszenia rozrzutu pomiarów, co pozwala na redukcję liczby osób badanych, a zatem kosztów badań. W antropometrii ergonomicznej wymuszenia pozycji ciała człowieka determinowane są strukturą przestrzenną stanowiska pracy, jednakże w naturalnych warunkach pracy nie są one tak daleko idące jak w warunkach laboratoryjnych, ponieważ pozycja przyjmowana jest przez ludzi w procesie pracy spontanicznie, a podstawowym dążeniem ergonomii jest pozostawienie możliwie dużego marginesu swobody. W istocie więc rzeczy pomiaru antropometrii ergonomicznej

dokonywane są w pozycji swobodnej, co wyraża się między innymi również dążeniem do przyjmowania jako układów odniesienia układów związanych ze swobodną pozycją człowieka — operatora.

Pomiary antropometrii ergonomicznej wymagają z reguły konstrukcji nowych instrumentów pomiarowych i stanowisk badawczych. Koszt tych urządzeń jest na ogół wysoki, dlatego też buduje się je tak, aby można było mierzyć badane cechy w całej strefie pracy człowieka i jego kończyn. Jest to warunkiem niezbędnym dla optymalizacji rozmieszczenia elementów sterujących maszyn.

#### POSŁOWIE

Tezy powyższej pracy wygłoszone były w formie referatu na seminarium „Metodologiczne problemy antropologii w ergonomii”, które odbyło się w dniach 22 - 29 maja 1977 roku w Lubochni w Czechosłowacji. W seminarium uczestniczyli specjaliści z krajów biorących udział w realizacji zadania II.2. „Określenie danych antropometrycznych i opracowanie metodologii antropologii ergonomicznej” programu współpracy naukowo-technicznej krajów RWPG I-37 „Opracowanie podstaw naukowych do norm i wymagań ergonomicznych”.

Organizatorem seminarium była Katedra Antropologii Uniwersytetu im. Komeńskiego w Bratysławie. Celem referatu było przedstawienie punktu widzenia użytkownika danych antropometrycznych na stan badań w tym zakresie.

Zdając sobie sprawę z trudności jakie stają przed specjalistami próbującymi oderwać się od klasycznych stereotypów i metod ich dyscyplin autorzy celowo nadal referatowi ton polemiczny, licząc na sprowokowanie dyskusji, której wynikiem mógłby być pewien postęp w „otwarciu się” antropologii na technikę. Wydaje się, że postęp taki został osiągnięty. Sformułowane w referacie terminy „antropometrii ergonomicznej” i jej *differentiae specifica* w stosunku do antropometrii klasycznej w zakresie: cech mierzonych, układów odniesienia, metod i technik pomiarowych, zostały przez uczestników seminarium zaakceptowane, a nawet rozwinięte jako „antropologia ergonomiczna”. W dokumentach seminarium zapisano:

„1.1. Okazało się, że z antropologii stosowanej wydzieliła się już jej gałąź określona jako antropologia ergonomiczna, która ma już znaczne kadry specjalistów i konkretne rezultaty.

1.2. Między antropologią klasyczną i ergonomiczną zachodzi organiczny związek. Metody antropologii ergonomicznej powinny być determinowane praktycznymi zadaniami ergonomii” \*.

\* Protokół z drugiego posiedzenia naukowo-koordynacyjnego zadania II. 2., załącznik 3.1., Lubochnia 28 maj 1977.



Kraje RWPg współpracujące przy realizacji zadania II.2. postanowiły używać terminu „antropologia ergonomiczna” w oficjalnych dokumentach, czego wyrazem jest aktualna redakcja tytułu tegoż zadania.

## PIŚMIENNICTWO

- Batogowska A., 1968, *Zbiór wymiarów antropometrycznych dla potrzeb przemysłu*, Biuletyn Rady Wzornictwa, nr 3, Warszawa.
- Batogowska A., 1969, *Przydatność fantomów w projektowaniu maszyn i urządzeń*, Ochrona Pracy, nr 11, Warszawa.
- Batogowska A., J. Słowikowski, 1974, *Atlas antropometryczny dorosłej ludności Polski dla potrzeb projektowania*, Prace i Materiały IWP, nr 19, Warszawa.
- Batogowska A., 1975, *Metodyka pomiarów antropometrycznych dla potrzeb ergonomii*, Prace i Materiały IWP, nr 23, Warszawa.
- Batogowska A., 1976, *Dynamiczne pomiary antropometryczne dla potrzeb projektowania*, Prace i Materiały IWP, nr 32, Warszawa.
- McCormick E. J., 1964, *Antropotechnika*, Warszawa.
- Damon A., 1966, *The human body in equipment design*, Cambridge.
- Faverge J., J. Leplat, B. Guiguet, 1963, *Przystosowanie maszyny do człowieka*, Warszawa.
- Godycki M., 1956, *Zarys antropometrii*, Warszawa.
- Jasicki B., S. Panek, P. Sikora, S. Stołyhwo, 1962, *Zarys antropologii*, Warszawa.
- Mały słownik antropologiczny*, 1976, Warszawa.
- Morecki A., J. Ekiel, K. Fidelus, 1971, *Bionika ruchu*, Warszawa.
- Moszyński W., 1954, *Wykład elementów maszyn, cz. IV., Mechanizmy*, Warszawa.
- Nowak E., 1973, *Pomiary zakresu ruchów stopy. Niektóre problemy ergonomii produktu*, Prace i Materiały IWP, Warszawa.
- Nowak E., 1976, *Określenie przestrzeni pracy kończyn górnych dla potrzeb projektowania stanowisk roboczych*, Prace i Materiały IWP, nr 30, Warszawa.
- Okoń J., L. Paluszkiwicz, 1963, *Psychologia inżynierska*, Warszawa.
- Sęk D., 1973, *Zależność wysiłku spowodowanego pracą statyczną. Niektóre problemy ergonomii produktu*, Prace i Materiały IWP, Warszawa.
- Słowikowski J., 1970, *Ergonomia w projektowaniu maszyn i urządzeń*, Prace i Materiały IWP, nr 12, Warszawa.
- Wolański N., S. Niemiec, M. Pyżuk, 1975, *Antropometria inżynierska, Kształt i wymiary ciała a wzornictwo przemysłowe*, Warszawa.

Institut Wzornictwa Przemysłowego  
Zakład Badań Ergonomicznych  
ul. Świętojerska 5/7, 00-236 Warszawa

THE SYSTEM OF REFERENCE IN THE CLASSIC AND ERGONOMIC  
ANTHROPOMETRY

by ANNA BATOGOWSKA and JERZY SŁOWIKOWSKI

For the purpose of realizing whether it is possible to conduct a research and what kind of research according to the principles of classic anthropometry the system of reference applied in the classic and ergonomic anthropometry

has been discussed. The authors have stressed and tried to prove that there is possible to obtain only a small number of information useful for designers and constructors when the research is carried on with the aid of the classic system of reference applied in anthropometry.

The necessity has been presented of connecting the discipline of the classic way thinking utilized in anthropometry with that applied in ergonomics as it makes possible to attain with the aid of ergonomics the new practical aims defined by the evolution of technology.

The problems of including anthropometry in the technology have been also discussed as well as the problem of taking into consideration in the methodics of the anthropometric research new situations resulting from increasing complexity of machines.

The new term has been introduced: „Ergonomical anthropometry”, for a system of measured features, system of reference, methods and technics of measurements different from classic anthropometry.