

Mateusz WIRWICKI¹

ANALIZA UKŁADÓW ANTROPOTECHNICZNYCH W WNĘTRZU SAMOCHODU OSOBOWEGO W ŚRODOWISKU PROGRAMU CATIA

W oprogramowaniu CATIA, po wcześniejszym zamodelowaniu środowiska badanego, istnieje możliwość poddania analizie ergonomii pracy podstawowych czynności obsługowych kierowcy samochodu osobowego. Na potrzeby badania stworzono manekina obu płci oraz zamodelowano propozycje wnętrza kabiny samochodu osobowego. Do eksperymentu przyjęto trzy postawy kierowcy, bez których nie można byłoby prowadzić pojazdu. Otrzymane wyniki umożliwiają w prosty sposób sprawdzić, czy propozycja rozmieszczenia elementów obsługowych jest komfortowa dla użytkownika pojazdu. W artykule ukazano, które wymiary kabiny samochodu muszą ulec zmianie, a po ich zmianach, jak procentowo poprawia się komfort kierowcy.

ANALYSIS OF ANTROPO SYSTEMS CAR INTERIOR IN THE CATIA ENVIRONMENT

In CATIA software after modeling environment, it is possible to analyze the ergonomics of basic maintenance driver of a passenger car. For the purpose of research was created male and female test dummy, and modeled car cabin interior. For the experiment was taken three driver's attitude, without driver couldn't drive a vehicle. The results provide a simple way to check whether the proposal to deploy the operating elements is comfortable for the user of the vehicle. The article shows that dimensions of the passenger compartment must be changed, and show how change percentage improves driver comfort.

1. WSTĘP

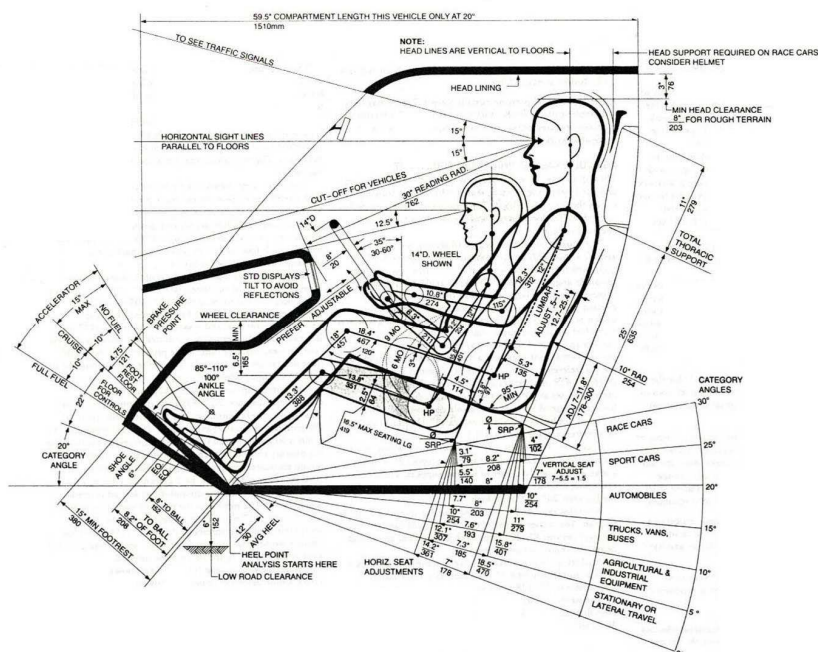
Na rynku samochodowym znajduje się ponad 100 firm zajmujących się produkcją samochodów osobowych różnego zastosowania. Koncerny zajmujące się produkcją samochodów osobowych starają się zaciekać klienta wdrażając najnowsze technologie. Konstruktorzy starają się zaspokoić rosnące wymagania projektując modele samochodów osobowych od samochodów miejskich do samochodów wielozadaniowych dostawczych. Większe zaangażowanie technologiczne we wnętrzu samochodu osobowego pod

¹Uniwersytet Technologiczno – Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej; 85-796 Bydgoszcz; Al. Prof. Kaliskiego 7.
Tel: 52 340 82-29
Email: wirwicki@utp.edu.pl

względem ergonomii elementów wyposażenia kabiny powodują zmienianie się zasad projektowania, tak aby wnętrze było komfortowe. Konstruktor podczas modelowania wnętrza samochodu osobowego w programach CAD musi rozwiązać problem ergonomicznego rozmieszczenia elementów. Zaprojektowane maszyny, urządzenia muszą spełniać wymagania bezpieczeństwa oraz higieny pracy a zarazem ergonomii. W programie CATIA V5R19 projektant może sprawdzić powyższe wytyczne dzięki modułowi Human Builder. Mając wcześniej zamodelowane środowisko badań, moduł ten pozwala na sprawdzenie czy spełniane są zasady ergonomii pracy. Konstruktor może w łatwy sposób stworzyć manekina w zależności od wymagań populacji azjatyckiej lub populacji europejskiej. Nadać odpowiednio dobrane cechy antropometryczne, zaimportować manekina do wnętrza samochodu osobowego. Wykorzystując narzędzia modułowe konstruktor może w oparciu o tak wcześniej stworzony model przeprowadzić analizę pod kątem ergonomii wnętrza. Wszystkie czynności służą w celu poprawy rozmieszczenia elementów wnętrza samochodu osobowego.

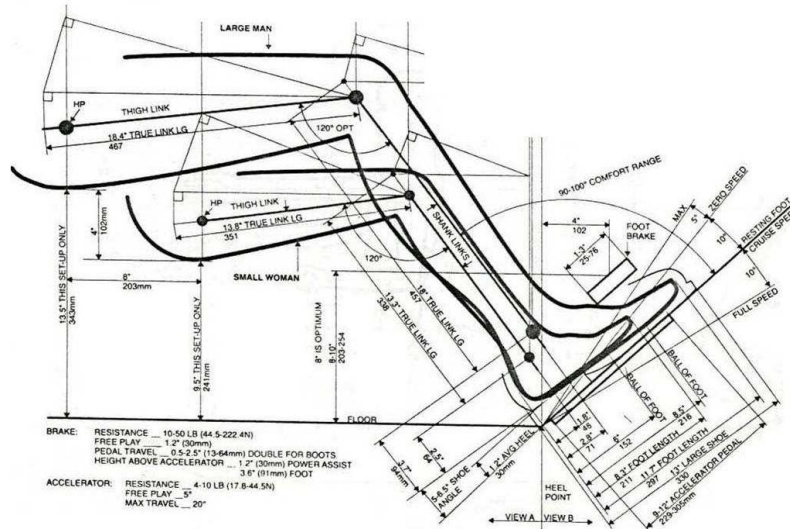
2. CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH ZAGADNIEŃ ERGONOMII

Ergonomia w motoryzacji odgrywa kluczową rolę ponieważ użytkownik – kierujący, wykonywujący czynności na tym skomplikowanym stanowisku, narażony jest na wiele niebezpieczeństw. W motoryzacji oprócz osiągnięć samochodu istotny jest również komfort użytkownika, ale nie można zapomnieć również o bezpieczeństwie. Trzeba zwracać uwagę, żeby poszczególne elementy wyposażenia wnętrza samochodu osobowego nie rozpraszały kierowcy i zostały umieszczone w miejscu, które nie spowoduje żadnych obrażeń dla prowadzącego pojazd. Każdy konstruktor projektujący wnętrze samochodu osobowego powinien przestrzegać podstawowych zasad, takich jak; normy, przepisy, które sprawiają, że zamodelowane wnętrze będzie bezpieczne, jak i komfortowe. Na rys. 1 przedstawiono proponowane zakresy wymiarów, od których konstruktor powinien rozpocząć projektowanie. Trzeba zaznaczyć, że fotel, na którym siedzi kierowca powinno zostać umieszczone pod określonym kątem do podłogi w zależności jaki samochód jest w danej chwili modelowany. Dla większego bezpieczeństwa oraz komfortu użytkownika pojazdu rajdowego, kąt oparcia powinien mieścić się w zakresie 30° - 25° , a dla samochodów kategorii miejskiej kąt fotela – oparcia względem podłogi powinien wynosić 15° - 20° . Umieszczenie fotela równoległe z podłoga ma zastosowanie tylko i wyłącznie przy projektowaniu symulatorów. Na rys. 1 widać również minimalna wartość odległości głowy kierowcy od dachu samochodu, podana także została długość oparcia siedzenia kierowcy oraz na jakiej wysokości i w jakim miejscu powinien znajdować się zagłówek. Kierownica projektowanego pojazdu powinna być umiejscowiona pod kątem 35° dla lepszej wygody kierowcy prowadzącego samochód osobowy[3].



Rys.1. Wymiary kątowe i liniowe zapewniające ergonomię wnętrza samochodu osobowego [4]

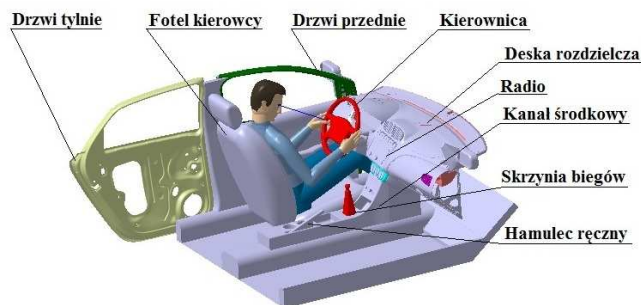
Rys. 2 przedstawia najważniejsze wymiary dźwigni pedału gazu oraz wymiary związane z wysokością siedzenia. Kierowca płci męskiej siedzący w fotelu zładuje się na wysokości 343 mm a kierowca płci żeńskiej na wysokości 241 mm. Projektując dźwignie pedału gazu trzeba pamiętać o wartościach kątowych wychylenia pedału z położenia początkowego. Trzeba przyjąć, że wartość 5° jest wartością początkową, wychylenie 10° daje możliwość poruszania się pojazdem ze średnią prędkością, a 20° pozwala na pełne przyspieszenie pojazdu. Na rys. 2 można też zwrócić uwagę na długości pedału gazu. Wynosi ona 229 – 305 mm, a długość pedału hamulca powinna mieć wartość 25-76 mm [2].



Rys.2. Widok wymiarów dla przestrzeni dźwigni pedałów [4]

3. ŚRODOWISKO PROWADZENIA ANALIZY

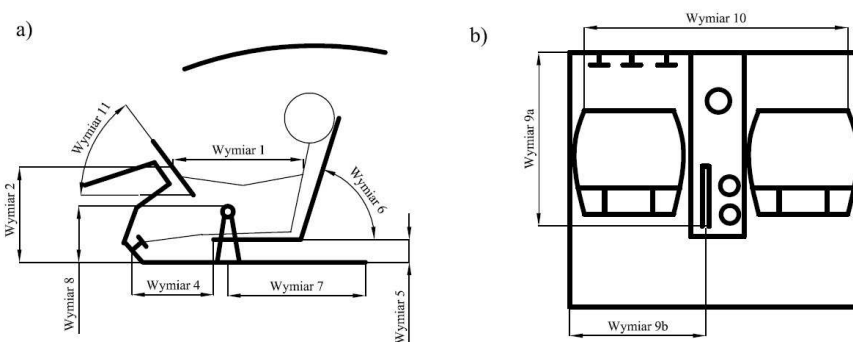
Do przeprowadzenia badań zostało zamodelowane wnętrze samochodu osobowego w programie CATIA V5R19. Ze względu na brak materiałów w postaci dokumentacji technicznej poszczególnych elementów kabiny samochodu osobowego projekt jest nowatorski. Zamodelowana kabina odpowiada rzeczywistym wymiarom oraz umiejscowieniem elementów wyposażenia wnętrza samochodu. W skład elementów kabiny wnętrza samochodu wchodzi: drzwi kierowcy, dach, maska, deska rozdzielcza wraz z wszystkimi elementami wyposażenia – manipulatorami, kierownica, siedzenie kierowcy oraz pasażera.



Rys. 3. Widok zamodelowanego hybrydowo wnętrza samochodu osobowego [1]

Przygotowując model do analizy konstruktor musi dokonać montażu kabiny wraz z elementami wyposażenia. Podczas złożenia elementów kabiny wnętrza samochodu wyznacza się domyślne wartości wymiarów dla rozmieszczenia poszczególnych elementów, wymiary te mierzone są od punktów charakterystycznych przyjmowanych przez konstruktora. Dopiero po analizie pojawi się korekta bazowych wymiarów i dostosowanie położenia elementów wyposażenia wnętrza kabiny samochodu do użytku. Dzięki takiemu wymiarowaniu, można w klarowny sposób przedstawić, które z wymienionych mogą ulec zmianie, a które z nich już przy modelowaniu zostały dobrane odpowiednio. Wymiary, które mogą pomóc przy analizie procentowego zakresu ruchu części ciała [rys.4]:

- a) odległość kierownicy od siedzącego kierowcy: odległość będzie mierzona od środka powierzchni kierownicy do początku klatki piersiowej – wymiar nr 1,
- b) wysokość kierownicy, odległość mierzona od punktu środkowego kierownicy do podłogi – wymiar nr 2,
- c) średnica kierownicy, wartość średnicy kierownicy – wymiar nr 3,
- d) odległość fotela w płaszczyźnie XY: odległość będzie mierzona od krawędzi fotela do skosu podłogi nad pedałami – wymiar nr 4,
- e) wysokość fotela w płaszczyźnie YZ: odległość fotela od podłogi – wymiar nr 5,
- f) kąt oparcia fotela: kąt pomiędzy oparciem fotela a jego siedziskiem – wymiar nr 6,
- g) wymiary długości i szerokości rozmieszczenia drążka zmiany biegów: odległość mierzona od obu krawędzi podłogi – wymiary nr 7,
- h) wysokość drążka zmiany biegów: odległość mierzona od podłogi wnętrza samochodu - wymiar nr 8,
- i) wymiary określające dźwignie hamulca ręcznego: długość oraz szerokość rozmieszczenia dźwigni mierzone od obu krawędzi podłogi – wymiar nr 9,
- j) odległość pomiędzy fotelami: odległość mierzona pomiędzy zewnętrznymi krawędziami foteli – wymiar nr 10,
- k) kąt pochylenia kierownicy – wymiar nr 11.



Rys.4. Schemat wymiarowania początkowych wartości przyjętych dla analizy ergonomii wnętrza: a) widok z boku samochodu b) widok z góry samochodu

Tabela 1 przedstawia te z wymiarów, dzięki którym można scharakteryzować niektóre z elementów wyposażenia wnętrza, które odgrywają kluczową rolę w procentowym wykorzystaniu swobodnego zakresu ruchu części ciała. Zmieniając te wartości w czasie trwania analizy ergonomicznej wnętrza projektant może uzyskać odbiegające od siebie wartości kątów swobody części ciała. Po przeprowadzeniu analizy projektant powinien skupić się na tych wymiarach, które tworzą komfortowe warunki do prowadzenia samochodu osobowego przez kierowcę.

Tab.1. Zbiór wymiarów pomocnych przy analizie ergonomii wnętrza

Nr wymiaru		Wartość wymiaru
1		330 mm
2		616 mm
3		380 mm
4		518 mm
5		150 mm
6		110 °
7		747 mm
8		407 mm
9	a	533 mm
	b	642 mm
10		1215 mm
11		80°

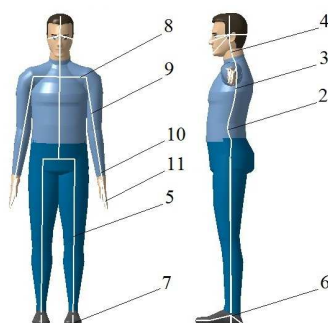
4. BADANIE ERGONOMII WNĘTRZA SAMOCHODU

Do analizy wnętrza samochodu osobowego zostały zaimportowane manekiny obu płci, których gabaryty ciała zdefiniowane były średnią statystyczną populacji, tzw. 50 centyli. Miara centylova to zbiór statystyczny wymiarów budowy ludzkiego ciała, która może przedstawiać gabaryty człowieka np. niskiego (5 centyli), średniego (50 centyli) wysokiego (95 centyli) [5].

Zaimportowany manekin został umieszczony we wnętrzu samochodu osobowego w pozycji siedzącej. W badaniu zostały przeanalizowane najważniejsze pozycje kierowcy korzystającego z elementów wnętrza samochodu osobowego. Wyniki badań przedstawiono w postaci wykresu słupkowego przedstawiającego procentowe wychylenie kąta swobody dla poszczególnych części ciała manekina – kierowcy. Analizując te wykresy można odnieść się do wygody oraz bezpieczeństwa podczas prowadzenia samochodu osobowego. Pozycje manekina podczas przeprowadzania analizy:

- manekin trzymający oburącz kierownicę – pozycja nr 1,
- manekin trzymający prawą ręką drążek zmiany biegów a lewą kierownicę – pozycja nr 2,
- manekin trzymający prawą ręką dźwignię hamulca ręcznego a lewą kierownicę – pozycja nr 3.

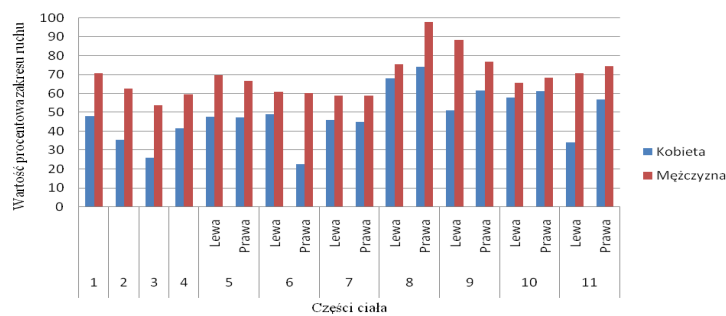
Przeprowadzając analizę ergonomii wnętrza były brane pod uwagę następujące części ciała: 1) wszystkie stopnie swobody, 2) odcinek lędźwiowy, 3) odcinek klatki piersiowej, 4) odcinek szyjny, 5) część udowa, 6) nogi, 7) palce u nóg, 8) odcinek obojczykowy, 9) odcinek ramion, 10) odcinek przedramion, 11) ręce [rys.4]



Rys.4. Wyróżnione części ciała brane pod uwagę podczas analizy [1]

4.1. Pozycja 1

Pozycja 1 jest najczęściej występującą pozycją podczas prowadzenia samochodu osobowego. W świetle przepisów ruchu drogowego obie ręce powinny tylko znajdować się na kierownicy, co sprawia większe bezpieczeństwo podczas jazdy samochodem osobowym. W badaniu zostało przeanalizowane czy dla wcześniej zaprojektowanego wnętrza taka pozycja jest komfortowa, wygodna.

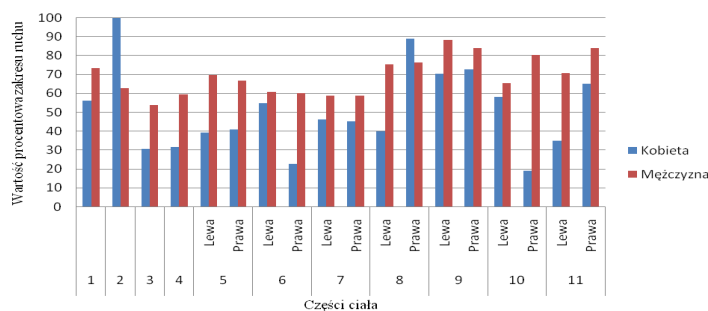


Rys. 5. Porównanie wartości wychylenia procentowego wykorzystania zakresu ruchu dla mężczyzny i kobiety dla pozycji 1 [1]

Analizując rys. 5 można stwierdzić wysokie procentowe wychylenie zakresu kątownego niektórych części ciała, a w szczególności odcinka obojczykowego i odcinka ramion. Oznacza to, że wnętrze kabiny zostało źle zaprojektowane, zmniejszenie przestrzeni użytkowej skutkuje pogorszeniem się komfortu kierowcy.

4.2 Pozycja 2

Kierowca prowadzący samochód osobowy zmuszony jest do zmiany biegów na niższy lub wyższy bieg. Charakteryzuje się to zdjęciem jednej ręki z kierownicy i skierowanie jej na drążek zmiany biegów. Pozycja ta powodować będzie pogorszenie komfortu w wnętrzu kabiny samochodu osobowego.

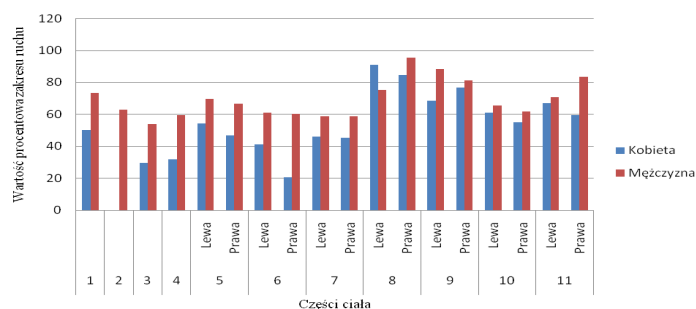


Rys. 6. Porównanie wartości wychylenia procentowego wykorzystania zakresu ruchu dla mężczyzny i kobiety dla pozycji 2 [1]

Analiza wykresu wskazuje, że dla kobiet znajdujących się w pozycji nr 2 bardzo mocno wychylony jest odcinek lędźwiowy. Obciążenie odcinka barkowego wynosi 89%. U mężczyzn widzimy wzrost obciążenia dla odcinka ramion. Spowodowane to może być źle zaprojektowaną oraz umieszczoną we wnętrzu dźwignią zmiany biegów.

4.3. Pozycja 3

Każdy kierowca prowadzący samochód spotyka się z wzniesieniami terenu. Również dla takiego typu elementów wyposażenia wnętrza samochodu zostały przeprowadzone badania.



Rys. 7. Wykres wartości wychylenia procentowego wykorzystania zakresu ruchu dla obu płci w pozycji 3

Porównując wyniki można zauważyć duże bo ok. 90% wychylenia zakresu kąтового dla odcinka obojczykowe oraz odcinka ramion. Może to być spowodowane złym rozmieszczeniem hamulca ręcznego w kanale środkowym wnętrza samochodu osobowego. Analizując wykres można zauważyć 60% wychylenie zakresu kąтового dla odcinka lędźwiowego oraz klatki piersiowej. Obciążenie to występuje podczas zaciągania hamulca ręcznego.

5. POPRAWA ERGONOMII W PRZEDSTAWIONYM ŚRODOWISKU BADAWCZYM

Analizując przedstawione wyniki można zauważyć różnice pomiędzy procentowym zakresem kątowym dla kobiet i mężczyzn. Zmieniając wartość wymiaru nr 1 o 50 mm użytkownik pojazdu zyskuje poprawę komfortu, a tym samym spadek procentowego wychylenia kąta swobody o ok. 20% dla odcinka ramion oraz obojczyka. Zmieniając szerokość kierownicy o 40 mm uzyskujemy spadek zakresu kąтового dla odcinka obojczykowego o ok. 20%. Konstruktor musi również zmienić wychylenie kierownicy o 10° co daje znaczną poprawę komfortu dla obu płci. Zmieniając wartość dla wymiaru 1 konstruktor musi również liczyć się ze zmianą wymiaru 2 o 30 mm Zmniejszając wymiar 10 o wartość 70mm można zauważyć znaczną poprawę komfortu dla kierowcy prowadzącego pojazd.

Tab. 2. Zbiór poprawionych wartości wymiarów po przeprowadzeniu analizy

Nr wymiaru	Wartość wymiaru	
1	330 mm	
2	616 mm	
3	380 mm	
4	618 mm	
5	250 mm	
6	110 °	
7	817 mm	
8	407 mm	
9	a	653 mm
	b	652 mm
10	1285 mm	
11	80°	

Analizując otrzymane wyniki podczas badania dla pozycji 2 można zauważyć, że odcinek lędźwiowy jest ekstremalnie wychylony. Może to być spowodowane tym, że kobiety chcąc zmienić bieg zapierają się całym ciałem. Wychylenie to jest krótkie czasowo, więc nie można zaproponować rozwiązania dla tego typu przypadku. Zmieniając wymiary 7 oraz 8 możemy uzyskać poprawę komfortu dla kierującego pojazdem.

Dla pozycji 3 największą wartość wychylenia można zauważyć dla odcinka lędźwiowego u obu płci. Spowodowane może to być zbyt głębokim umieszczeniem dźwigni hamulca ręcznego w kanale środkowym. Zmieniając wymiar 9a o 120 mm oraz 9b o 10 mm uzyskujemy, dla obu płci, spadek kąta wychylenia o ok. 40%.

6. PODSUMOWANIE

W pracy poruszony został temat wnętrza samochodu osobowego. Przed przystąpieniem do badań zostały podane wstępne wymiary położenia poszczególnych elementów użytkowych wewnątrz samochodu osobowego. Kolejnym etapem było nadanie cech antropometrycznych dla manekina pomocnego przy badaniach. Przeprowadzono trzy analizy podstawowych czynności, jakie kierowca wykonuje podczas prowadzenia pojazdu. Z przeprowadzonych badań można zauważyć konieczność wprowadzenia zmian konstrukcyjnych w rozpatrywanym modelu. Dzięki zmianom zaproponowanym otrzymano ok. 15% spadek wychylenia zakresu kąтового części ciała manekina, a tym samym poprawę komfortu i rozłożenia ergonomicznego elementów użytkowych wewnątrz samochodu. Konstruktor modelujący wnętrze samochodu osobowego powinien zwrócić szczególną uwagę na wymiarowanie położenia fotela. Dobrze zaprojektowane oraz umieszczone siedzisko w kabinie pozwala na zwiększenie komfortu dla kierowcy przy długich i trudnych terenowo wyjazdach. Czynności takie, jak zmiana biegów czy zaciągnięcie hamulca ręcznego, są wykonywane w krótkim czasie. Konstruktor nie powinien ich lekceważyć podczas rozmieszczania elementów użytkowych w modelu wnętrza samochodu osobowego.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Cichański A., Wirwicki M. : Ergonomics analysis of anthropo-technical system In the environment of CATIA program. "Journal of POLISH CIMAC 2010, 5 (3), s.19-25
- [2] Ergonomics in Automotive Industry [On-line], Ergonomic Corporation [Dostęp: 3.01.2011] Dostępne w internecie: <http://www.ergoworld.com/ergonomics-industry-automotive.htm>.
- [3] Ergonomics and Anthropometrics [On-line] Car Design Online [Dostęp: 5.01.2011] Dostępne w internecie: <http://www.Cardesignonline.com/design/ergonomics/index.php>.
- [4] Karwowski W. Automotive Ergonomics, CRC Press; 1 wydanie (26 Marzec 1993).
- [5] Słownik języka polskiego [On-line] [Dostęp: 7.01.2011] Dostępne w Internecie: <http://sjp.pl/co/centyl>.