



Koncepcja „aktywnego” zagłówka

LECH SOKALSKI, JAN WAŚCISZEWSKI

Przemysłowy Instytut Motoryzacji,
03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 55

Streszczenie. Do najbardziej niebezpiecznych dla życia i zdrowia osób jadących samochodem należą sytuacje ruchu, podczas których następuje zderzenie samochodu z przeszkodą na drodze. Do często występujących zderzeń można zaliczyć uderzenie w tył samochodu przez inny samochód lub uderzenie tyłem samochodu w przeszkodę podczas ruchu wstecznego.

Na obrażenia narażone są głównie: głowa i górna część kręgosłupa. Stosowanym urządzeniem ochronnym jest zagłówek mocowany na oparciu fotela. Niestety, zagłówek obecnie stosowany nie jest skutecznym środkiem zabezpieczenia przed urazami. Koncepcja „aktywnego” zagłówka dotyczy nowego, oryginalnego sposobu ochronnego, zmniejszającego ryzyko urazów i utraty zdrowia, podnoszącego warunki bezpiecznej jazdy.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo bierne, zagłówek „aktywny”, zderzenie

Symbole UKD: 614.86

1. Wprowadzenie

Podczas ruchu samochodu po drodze często występują sytuacje awaryjne, polegające na przykład na zderzeniu z drugim samochodem lub z drzewem stojącym na poboczu. Nie są to oczywiście wypadki jedyne. Ogólnie można uważać, że najechanie samochodu na przeszkodę ruchomą lub stałą jest zderzeniem. Fakt ten jest bardzo groźny dla życia i zdrowia jadących. Skutki są zróżnicowane w zależności od rodzaju zderzenia. Zależy to od szeregu czynników, takich jak na przykład:

- rodzaj pojazdu — osobowy, ciężarowy, autobus,
- charakterystyki techniczne — masa, konstrukcje nadwozia (w tym szczególnie podatność na odkształcenia),
- rodzaj przeszkody — stała lub ruchoma, masa, kształt,

- warunki dynamiczne ruchu — prędkość względna poruszających się mas,
- geometria zderzenia — zderzenie czołowe, boczne, tylne, przewrót na dach i ewentualnie inne,
- warunki otoczenia podczas zderzenia — deszcz, śnieg, gołoledź, mgła (warunki przyczepności i widoczności),
- warunki psychofizyczne kierowcy i pasażerów — zdolność szybkiego reagowania, ogólny stan zdrowia, graniczne warunki wytrzymałości organizmu (normatywy biomechaniczne),
- zastosowane rodzaje urządzeń ochronnych — pasy bezpieczeństwa, poduszki powietrzne, fotele z zagłówkami i inne.

Różnorodność i ilość czynników mających wpływ na przebieg zjawiska zderzenia nastęrcza wielu trudności przy badaniu teoretycznym i eksperymentalnym. Stąd istnieje konieczność przyjęcia koniecznych uproszczeń oraz wyboru parametrów mających znaczenie dla oceny skutków zderzenia oraz koncepcji urządzeń ochronnych.

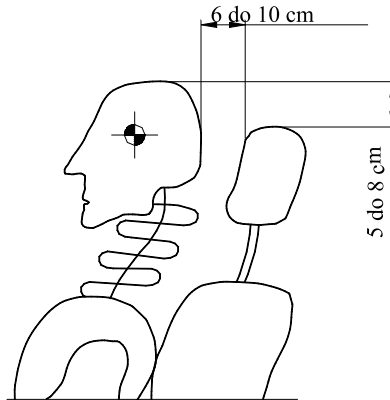
2. Rola zagłówka

Uznano, że istotnym zagadnieniem w rozwoju urządzeń zapewniających bezpieczeństwo jazdy, jest rozważenie i przedstawienie możliwości poprawienia skuteczności działania zagłówka mocowanego na fotelu. Podstawową rolą zagłówka jest zmniejszenie ryzyka obrażeń głowy i górnego odcinka kręgosłupa podczas zderzenia samochodu z przeszkodą.

Brak zagłówka lub jego nieefektywne działanie może powodować niebezpieczne urazy, często nieodwracalne, a niekiedy nawet śmiertelne. Głowa narażona jest na wstrząs mózgu, a kręgi szyjne — na rozerwanie.

Dotychczas stosowany zagłówek jest na ogół zakładany na oparcie fotela i może być regulowany w górę lub w dół od oparcia oraz obracany kątowno. Umożliwia to dostosowanie jego położenia do wymiarów jadącego. Niestety, ustawienie prawidłowe musi być dokonane ręcznie, a ponadto przed zajęciem miejsca — praktycznie uniemożliwia to zachowanie pozycji zalecanej jako właściwej. Wykonywane w tym zakresie badania wykazały, że uzyskanie względnie skutecznej ochrony może być tylko dla takiego ustawienia zagłówka, przy którym środek tyłu głowy trafia w środek zagłówka, a jej odległość od powierzchni czołowej zagłówka nie może być większa od ~6 cm.

W praktyce rzadko spotyka się dobrze ustawione zagłówki, co powoduje ich znikomą przydatność. Dodatkowo istotną wadą zagłówka typu T jest fakt, że głowa zatrzymana jest w sposób uderzeniowy, co stanowi podstawowe zagrożenie dla zdrowia.



Rys. 1. Dopuszczalne położenie głowy i zagłówka

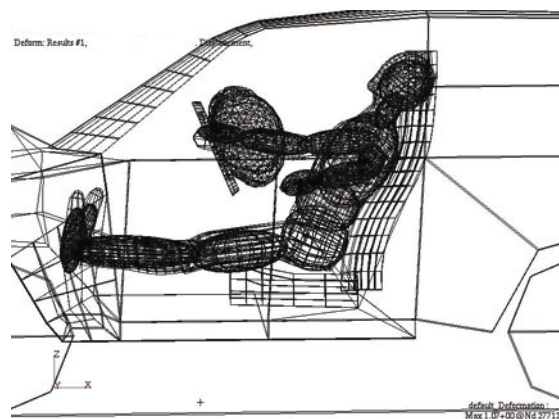
W tej sytuacji, ze względu na konieczność podniesienia bezpieczeństwa jadących podczas zderzenia, nieodzowną sprawą staje się rozwiązanie problemu prawidłowej i skutecznej ochrony głowy oraz kręgów szyjnych przed skutkami zderzeń.

Podjęcie takiego zadania wymaga jednak określenia przebiegu zjawiska zderzenia. Na ogół, ze względu na znaczną częstotliwość występowania, rozpatruje się rolę zagłówka podczas uderzenia samochodu od tyłu lub tyłem. Ten typ uderzeń obserwuje się zwłaszcza w warunkach ruchu miejskiego, w którym występuje konieczność częstych i gwałtownych hamowań (np. na światłach regulacyjnych ruchu) przy małych odstępach pomiędzy samochodami. Ten rodzaj zderzeń tylnych występuje podczas jazdy na autostradach przy znacznych względnych prędkościach oraz w trudnych warunkach atmosferycznych (np. mgła lub gołoledź). Okazuje się jednak, że rola ochronna zagłówka dotyczy nie tylko warunków uderzenia w tył samochodu, lecz również ma istotne znaczenie przy uderzeniach czołowych. Analiza uderzenia czołowego wskazuje, że na początku zetknięcia się samochodu z przeszkodą ciało kierowcy porusza się ruchem bezwładnym do przodu, po krótkiej chwili (około 50-60 ms) tułów zostaje zatrzymany przez pas bezpieczeństwa, głowa i szyja przez poduszkę powietrzną, a następnie w kolejnym krótkim odstępie czasu tułów zostaje odrzucony do tyłu na skutek reakcji sprężystej pasa. Ten wsteczny ruch jest zatrzymany — odpowiednio: dla tułowia przez oparcie fotela, a dla głowy i szyi przez zagłówek.

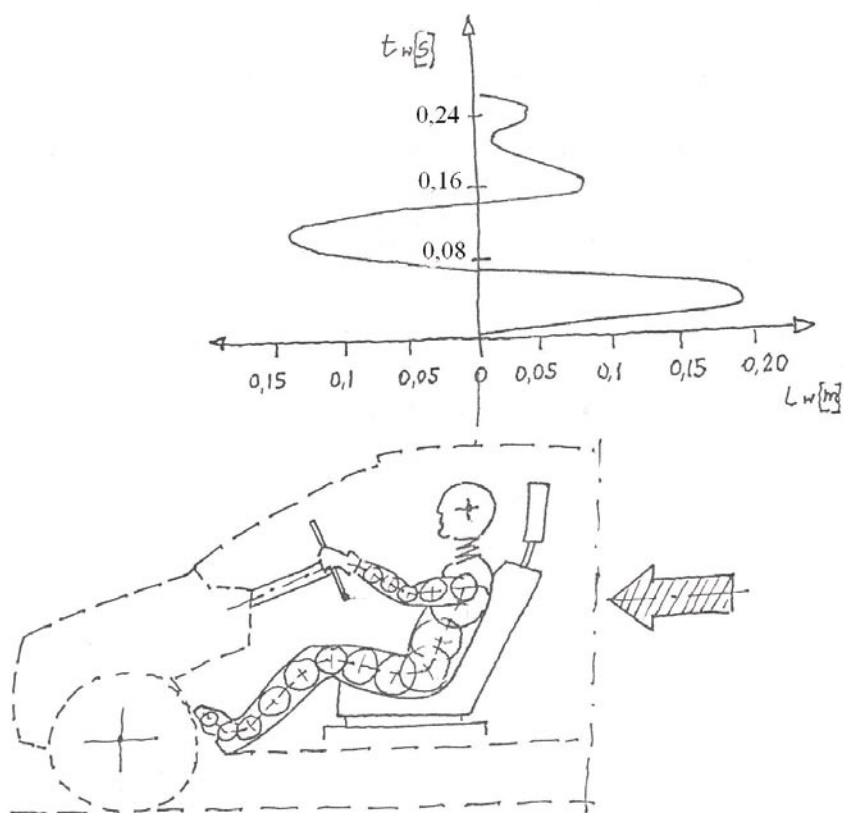
Symulacja komputerowa przebiegu zderzenia czołowego pozwala na ustalenie kolejnych położenia ciała w funkcji czasu.

Na rysunku 2 pokazano drugą fazę — tak zwaną fazę odbicia po czasie 0,13 s.

Nieco odmienna sytuacja występuje podczas zderzenia tyłem samochodu. Może to nastąpić przez uderzenie drugim samochodem lub uderzenie tyłem w przeszkodę stałą. Bezwładny ruch ciała skierowany jest do tyłu, przeciwnie do reakcji siły impul-



Rys. 2. Symulacja graficzna położenia kierowcy podczas zderzenia czołowego samochodu z przeszkodą ($t = 0,13$ s)



Rys. 3. Poglądowa trajektoria ruchu względnej głowy podczas uderzenia w tył samochodu

sowej uderzenia. Po uzyskaniu pełnego kontaktu tułowia z oparciem fotela (po czasie 25-20 ms), tułów podlega przyspieszeniu, podczas gdy głowa przez bardzo krótki czas 15-20 ms pozostaje jeszcze w swym położeniu początkowym. Przyspieszenie głowy o znacznej wartości pojawia się po 60-90 ms. Ta zwłoka w przyspieszeniach głowy w stosunku do tułowia wywołuje względny wzajemny ruch tych części ciała. Rolą zagłówka winno być zmniejszenie ruchu względnego.

3. Koncepcja modelu fizycznego zagłówka „aktywnego”

Analiza zjawiska zderzenia tyłem samochodu w ramach badań teoretycznych i eksperymentalnych została przeprowadzona przy realizacji pracy badawczej wykonanej na zlecenie Komitetu Badań Naukowych pod kierunkiem dr. Lecha Sokalskiego.

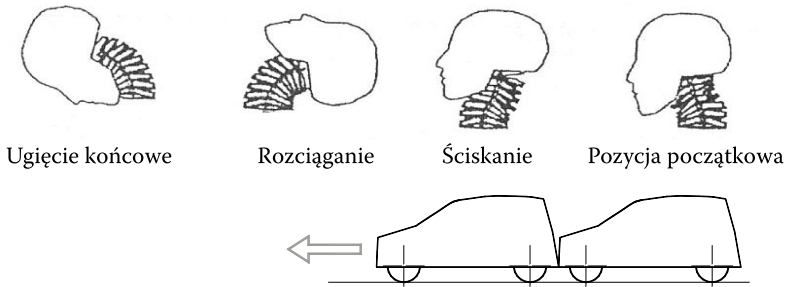
Powstała przy tym koncepcja modyfikacji dotychczas stosowanego zagłówka poprzez zastąpienie go nowym rozwiązaniem ochrony głowy i kręgow szyjnych. Dla odróżnienia od „tradycyjnego” zagłówka, przyjęto określać nową formę zagłówka jako „aktywny”.

Podczas zderzenia występują znaczne siły dynamiczne o charakterze impulsowym. Impuls siły wyróżnia się dużą wartością siły przy bardzo krótkim czasie jej działania — określany wzorem $S = \int_{t_1}^{t_2} P dt$. Kierunek wektora impulsu jest równoległy do osi wzdłużnej samochodu (dla jednego z przypadków kierunku uderzenia, co ma miejsce przy uderzeniu czołowym i tylnym). W wyniku działania impulsu siły następuje plastyczno-sprężyste odkształcenie struktury nadwoziowej przedniej lub tylnej, o różnym charakterze i wielkości w zależności od warunków początkowych zderzenia (masa, prędkość) oraz ruch bezwładny ciał jądących w kierunku przeciwnym do wektora siły. Przy zderzeniu czołowym ruchy bezwładne są ograniczone: tułowia — pasem bezpieczeństwa, a głowy — poduszką powietrzną. Przy uderzeniu tylnym ruch bezwładny tułowia jest ograniczony oparciem siedliska, a głowy i szyi — zagłówkiem.

Graficzna symulacja komputerowa kinematyki głowy i szyi przy uderzeniu tyłem wskazuje, że trajektoria ruchu ma charakter oscylacyjny. W pierwszej chwili głowa odchyła się do tyłu, następnie do przodu, aby odchylić się z powrotem do tyłu. Ilustracja pogładowa została pokazana na rysunku 4.

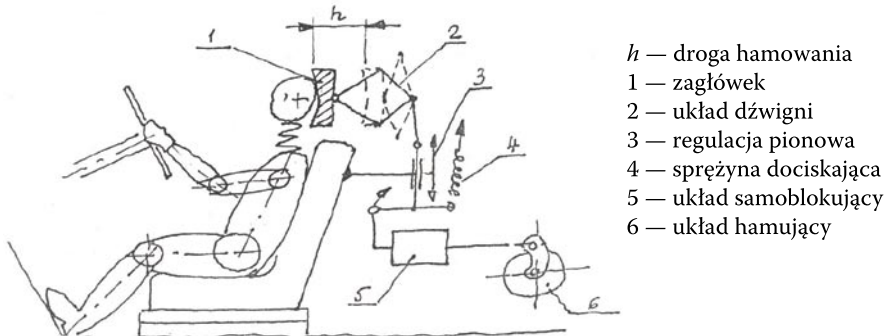
Podczas tego ruchu występują kątowe przemieszczenia głowy i szyi, grożące niebezpiecznymi urazami. Występujące przyspieszenia ruchu, a stąd i siły dynamiczne mogą przekroczyć wytrzymałość biomechaniczną ww. części ciała. Wyłania się pierwsza przesłanka do modyfikacji zagłówka — aby uniknąć dużych wychyleń głowy oraz występowania znacznych sił dynamicznych.

Uzyskanie bezpiecznego ruchu głowy może nastąpić poprzez jego hamowanie. W drugiej kolejności winny być spełnione warunki prawidłowej geometrii usta-



Rys. 4. Kinematyka głowy i szyi podczas uderzenia od tyłu przy niewielkiej prędkości

wienia zagłówka w stosunku do położenia głowy oraz powinna istnieć możliwość jego „nadażnego” ruchu za ruchem głowy. Kierując się powyższymi przesłankami, opracowano schemat ideowy „aktywnego” zagłówka.



Rys. 5. Schemat działania systemu ochronnego głowy i szyi

Zagłówek „aktywny” składa się z szeregu elementów stanowiących urządzenie działające jako konkretny system mechaniczny. System ten charakteryzuje się możliwością samoczynnego ustawienia się zagłówka, regulacji jego położenia pionowego, „nadażności” za ruchami głowy oraz możliwością hamowania ruchu wstecznego i bocznego głowy. Uruchomienie i blokada systemu następują w momencie zajęcia miejsca przez kierowcę lub pasażera. Działania te zapewniają przełączniki elektryczne.

Uznano, że przyjęty zakres działania systemu może zmniejszyć ryzyko obrażeń głowy i szyi, a tym samym może stanowić wystarczającą ochronę i podwyższyć bezpieczeństwo podczas zderzeń. W oparciu o schemat ideowy opracowano koncepcję projektową modelu fizycznego oraz wykonano go w metalu.

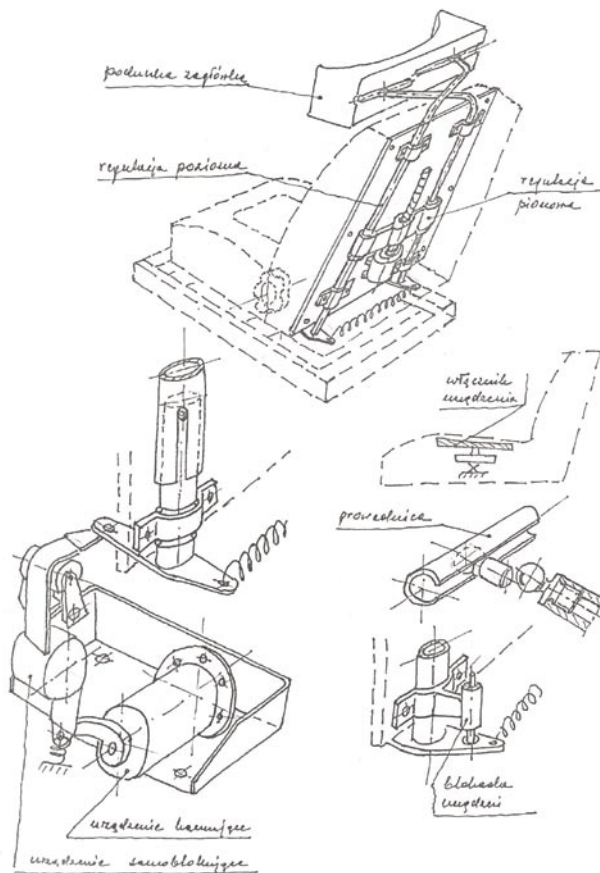
Do realizacji koncepcji projektowej opracowano niezbędne działania obliczeniowe. Wykorzystano przy tym tzw. metodę energetyczną, która pozwala, w oparciu

o bilans energetyczny, obliczyć istotne parametry fizyczne występujące podczas zderzenia, takie jak prędkość, przyspieszenia, przemieszczenia, pracę deformacji.

Powyższe dane obliczono dla warunków początkowych zderzenia, możliwych do uzyskania na stanowisku badawczym służącym do symulacji zderzeń z barierą. Na tej podstawie ustalono podstawowe wymiary urządzenia ochronnego, jakim jest zagłówek aktywny. Ponadto, ze względu na prototypowo-modelowy charakter urządzenia zastosowano określone współczynniki bezpieczeństwa na elementy mechaniczne, obciążone siłami dynamicznymi. Uwzględniono również wymagania Regulaminu ECE nr 25.

Model posłużył do wykonania badań eksperymentalnych dla sprawdzenia funkcjonalności systemu zarówno pod kątem prawidłowości ochronnej, jak i prawidłowości rozwiązań poszczególnych zespołów.

Na rysunku 6 pokazano koncepcję projektową systemu.



Rys. 6. Konceptcja systemu zabezpieczającego głowę i szyję podczas uderzenia

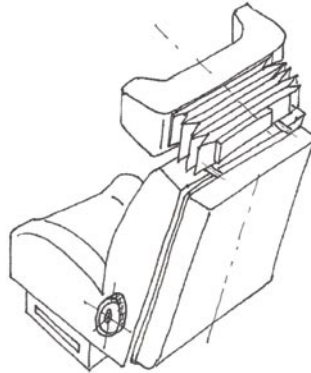
Działanie modelu można przedstawić w trzech podstawowych fazach:

- Faza I położenie zerowe zagłówka:
 — siedzisko nieobciążone,
 — układ zablokowany zatraskiem,
 — obwód elektryczny nie włączony;
- Faza II położenie pracy zagłówka:
 — wolny ruch zmiany położenia (mniejszy od 1 g),
 — siedzisko obciążone masą kierowcy (pasażera),
 — blokada dźwigni — zwolniona,
 — włączony silnik regulacji pionowej położenia zagłówka,
 — wyłączony silnik wyłącznikiem na styku głowy i zagłówka;
- Faza III położenie pracy zagłówka przy uderzeniu:
 — wsteczny ruch zagłówka hamowany przez układ hamujący.

4. Badanie zagłówka aktywnego

Uznano za celowe przeprowadzenie badań według dwóch procedur:

- Procedura A, polega na symulacji komputerowej zjawiska zderzenia samochodu tyłem w barierę badawczą przy zastosowaniu zagłówka „aktywnego”.
- Procedura B, polega na symulacji eksperymentalnej na specjalnym stanowisku badawczym dla przeprowadzenia zderzenia z barierą (na tak zwanej katapulcie).



Rys. 7. Ogólny widok zagłówka „aktywnego” (schemat)

Według tych samych procedur badano również zagłówki tradycyjne, dla uzyskania danych porównawczych.

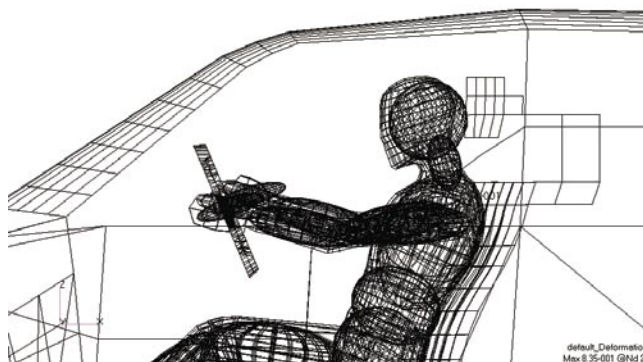
Przyjęte dane wyjściowe do badań:

- masa samochodu $m \approx 1000$ kg
- prędkość zderzenia z barierą $V_1 = 8$ km/h = 2,22 m/s
 $V_2 = 25$ km/h = 6,94 m/s.

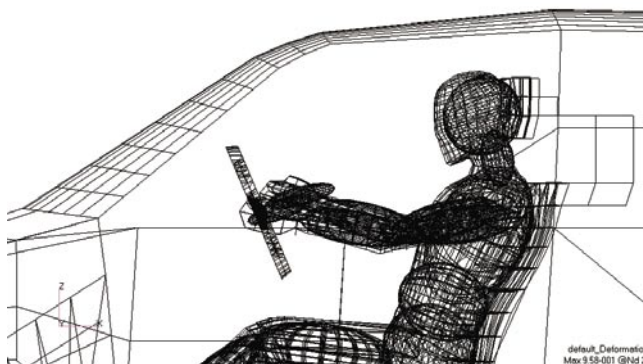
Założone prędkości uderzenia w tył samochodu są charakterystyczne (według statystyk występujących zderzeń) dla tak zwanego zjawiska „whiplash”, co oznacza odgięciowy uraz kręgosłupa szyjnego lub uraz z szarpnięcia (uderzenie z bicza) skrót nazwy WAD — Whiplash Associated Disorders.

W procedurze A wykorzystano program komputerowy Madymo-Dytran, wykonując modele obliczeniowe odwzorowujące część nadwozia, manekina (Hybrid III), pasa bezpieczeństwa, fotela wraz z zagłówkiem aktywnym.

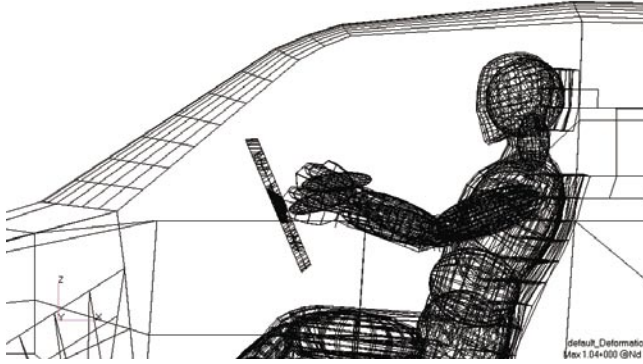
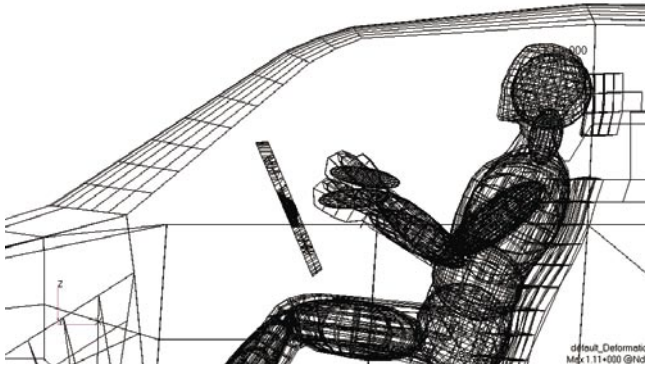
Wykonano grafikę komputerową położenia ciała kierowcy w odstępach $\Delta T = 10$ ms. Przykłady pokazano na rysunkach 8a, b, c, d.



Rys. 8a. Położenie manekina podczas zderzenia tyłem, $t = 0,06$ s



Rys. 8b. Położenie manekina podczas zderzenia tyłem, $t = 0,07$ s

Rys. 8c. Położenie manekina podczas zderzenia tyłem, $t = 0,08$ sRys. 8d. Położenie manekina podczas zderzenia tyłem, $t = 0,09$ s

Przy tym mierzono i wykonano wykres prędkości oraz opóźnień głowy, a także podobne wykresy dla torsu.

Powyższe przykłady dotyczyły prędkości 8 km/h, podobnie rejestrowano parametry dla prędkości 25 km/h.

Uzyskane i przedstawione wyniki wskazują na względnie niskie wartości przyspieszeń głowy i torsu dla obydwu prędkości. Obliczono również wskaźniki biomechaniczne:

NIC — dla szyi,

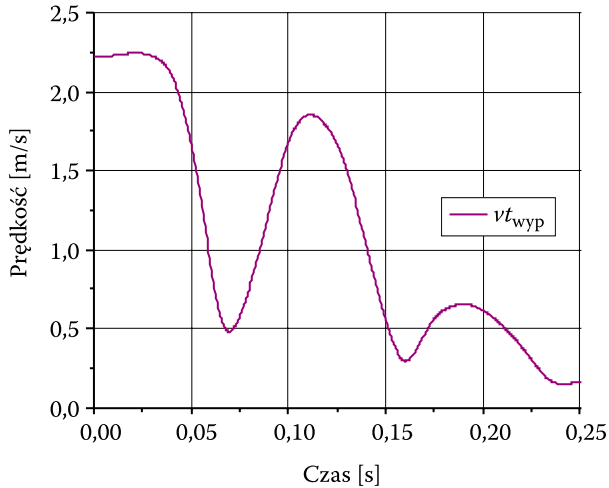
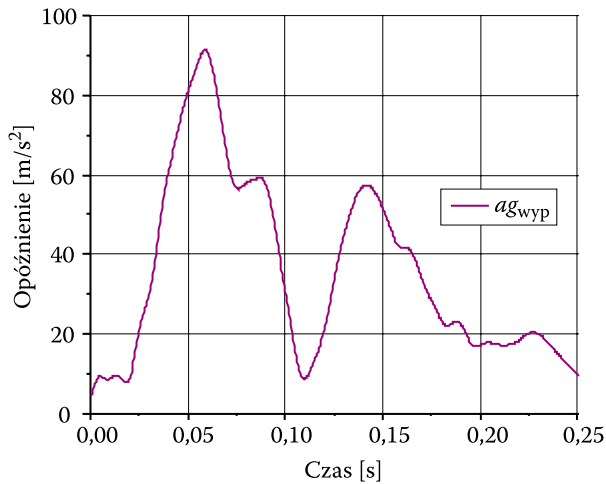
HPC — dla głowy,

które były mniejsze od normatywów dopuszczalnych

NIC < 15,

HPC < 1000.

Symulacja komputerowa wykazała rolę hamującą zagłówka „aktywnego”, a tym samym możliwość zmniejszenia ryzyka lub uniknięcia urazów szyi i głowy.

Rys. 9a. Przebieg wypadkowej prędkości ruchu głowy w funkcji czasu, $V = 8$ km/hRys. 9b. Przebieg wypadkowego opóźnienia ruchu głowy w funkcji czasu, $V = 8$ km/h

W analogiczny sposób przeprowadzone badania przy zastosowaniu zagłówka tradycyjnego, wykazały bardzo duże wartości przyspieszeń i znaczne przekroczenie normatywów biomechanicznych.

Relacje liczbowych wartości przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1

Wynikowe przyspieszenia głowy i tułowia dla prędkości 8 km/h i 25 km/h dla zagłówka typu „A” i „B”

	Zagłówek typu „A”		Zagłówek typu „B”	
	8 km/h	25 km/h	8 km/h	25 km/h
Przyspieszenie głowy	90	260	150	460
Przyspieszenie tułowia	130	245	550	700
HPC	12	3,6	96	111

Badania komputerowe wykazały, jak pokazały wartości umieszczone w tabeli 1, że zastosowany zagłówek „aktywny” ma parametry charakterystyczne znacznie mniejsze od zagłówka tradycyjnego. Należy zatem uznać znaczącą rolę ochronną zagłówka „aktywnego” dla zmniejszenia ryzyka urazów głowy i szyi podczas uderzenia w tył samochodu.

Procedura B dotyczyła symulacji zderzenia samochodu z przeszkodą stałą na laboratoryjnym stanowisku badawczym. Symulacja polegała na zastąpieniu rzeczywistego samochodu wózkiem badawczym. Przebieg zderzenia symulowano, przetłaczając cylindryczne trzpienie, zamocowane do wózka, przez odkształcalne poliwinylowe tuleje, zamocowane do betonowej bariery stanowiącej przeszkodę zderzeniową. Uzyskano ruch wózka symulujący ruch opóźniony środka masy samochodu podczas zderzenia. Energia tracona podczas hamowania wynikała z pracy odkształcenia tulei i symulowała deformację struktury nadwoziowej. Na platformie wózka zamontowano fotel wraz z zagłówkiem typu A oraz umieszczono manekina badawczego Hybrid III, przypiętego trzypunktowymi pasami bezpieczeństwa.

Ilość tulei hamujących dobrano odpowiednio do masy samochodu oraz do założonej prędkości zderzenia. Za pomocą czujników pomiarowych rejestrowano przebieg zmiennych wielkości pomiarowych. Ponadto kamerą do zdjęć szybkich filmowano przebieg zderzenia.

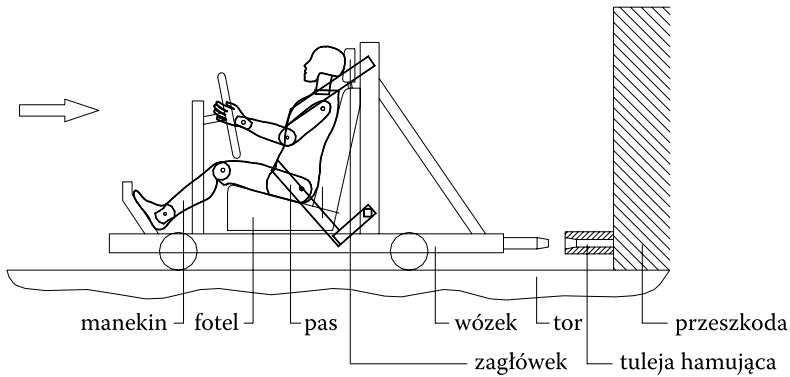
Schemat wózka pomiarowego przedstawiono na rysunku 10.

Pomiary dotyczyły następujących parametrów:

- prędkość wózka (moment początkowy zderzenia),
- opóźnienie wózka (podczas ruchu hamowanego),
- opóźnienie głowy manekina,
- opóźnienie tułowia manekina.

Próby badawcze przeprowadzono dla 8 km/h i 25 km/h, a drogę hamowania ustalono na długości 0,4 m (0,05 m).

Z dokonanych pomiarów wykonano wykresy zmiennych w funkcji czasu (na rysunku 10 — głowa, tors, przyspieszenie).



Rys. 10. Schemat toru i wózka pomiarowego

Warunki odporności biomechanicznej obliczono na podstawie wzorów. Wskaźniki dotyczyły odporności głowy (HPC) oraz szyi (NIC)

$$HPC = (t_1 - t_2) \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \int_{t_1}^{t_2} a \, dt^{2,5} \quad \text{— wynik winien być mniejszy od 1000,}$$

$$NIC = 0,2 a_{wzgl}(t) + [v_{wzgl}(t)]^2 \quad \text{— wynik winien być mniejszy od 15.}$$

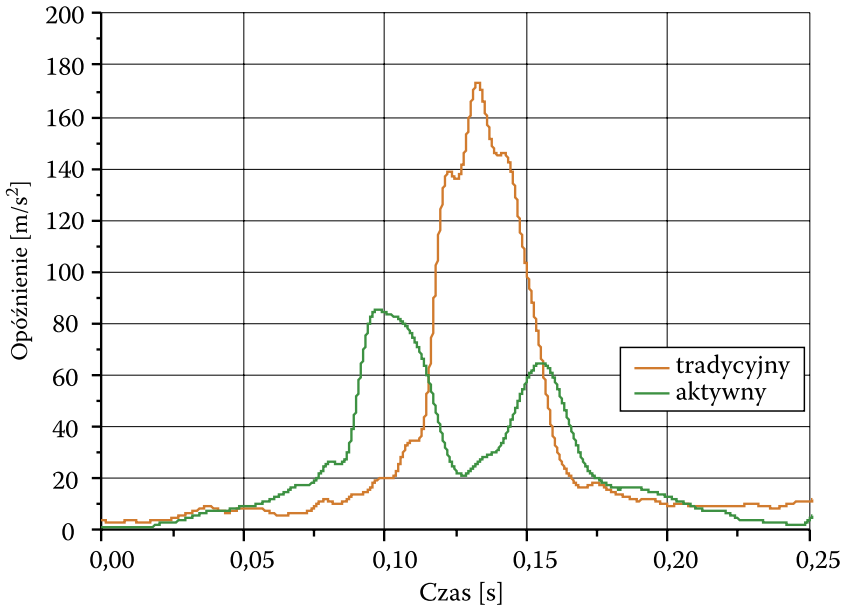
Aby porównać wyniki badań zagłówek „aktywnego”, wykonano według tego samego schematu badania zagłówek „tradycyjnego” — wyniki z prób przedstawiono w tabeli 2.

TABELA 2

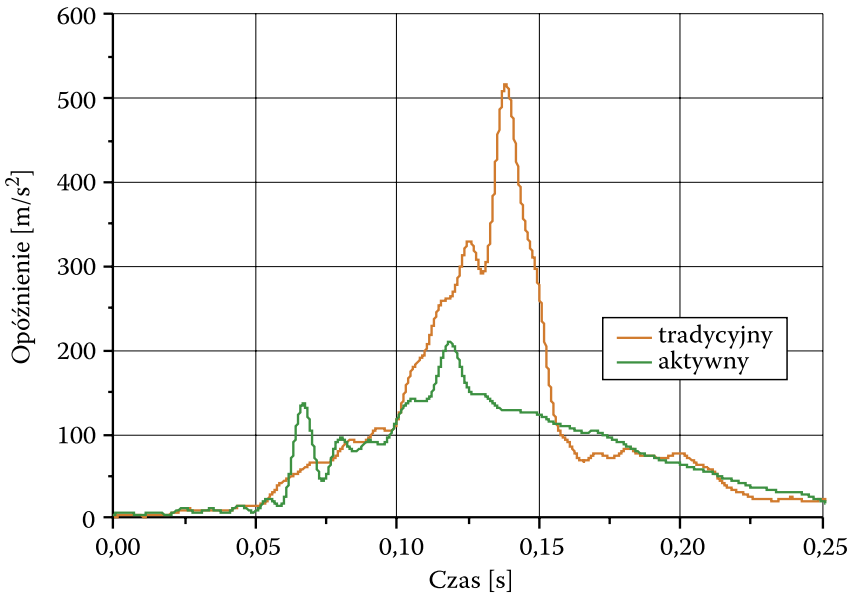
	Zagłówek typu „A”		Zagłówek typu „B”	
	8 km/h	25 km/h	8 km/h	25 km/h
a_{gw}	85	210	185	555
a_{tw}	71	165	66	185
HPC	5,08	57,8	25,2	262,74
NIC	4,68	10	30,65	83,9

Na wykresie (rysunek 11) w celach porównawczych pokazano wypadkowe opóźnień głowy dla zagłówek typu A i B przy prędkości 8 km/h.

Na wykresie (rysunek 12) pokazano wypadkowe opóźnień głowy przy prędkości 25 km/h.



Rys. 11. Przebieg wypadkowego opóźnienia głowy — porównanie zagłówka aktywnego i tradycyjnego, $V = 8$ km/h



Rys. 12. Przebieg wypadkowego opóźnienia głowy — porównanie zagłówka aktywnego i tradycyjnego, $V = 25$ km/h

Dla prędkości 8 km/h uzyskane opóźnienia głowy są 2,17 razy mniejsze dla zagłówka typu A niż typu B

	typ A	typ B
HPC	5,08	25,20
NIC	4,68	30,65

Dla prędkości 25 km/h uzyskano dla głowy opóźnienie 2,6 razy mniejsze dla zagłówka typu A niż dla typu T

	typ A	typ T
HPC	57,80	262,24
NIC	10,00	83,90

5. Wnioski końcowe

1. Wykresy porównawcze przyspieszeń głowy przy zastosowanym zagłówku typu tradycyjnego (T) i typu aktywnego (A) wskazują, że wartości maksymalne dla zagłówka aktywnego są około 2,5 razy mniejsze od przyspieszeń głowy przy zastosowaniu zagłówka tradycyjnego.
2. Konceptcja konstrukcyjna zagłówka aktywnego charakteryzuje się oryginalnością rozwiązania, prostotą mechanizmów, możliwością stosowania do różnego typu foteli, możliwością regulacji pionowej, możliwością „nadażności” zagłówka za głowę (ciągły styk głowy z zagłówkiem).
3. Konceptcja nadaje się do dalszych prac projektowych mających na celu wdrożenie przemysłowe.

Artykuł wpłynął do redakcji 23.11.2005 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w kwietniu 2006 r.

LITERATURA

- [1] R. GABRYŚ, *Teoria uderzenia w dyskretnych układach mechanicznych*, PWN, Warszawa, 1969.
- [2] J. WICHER, *Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego*, WLiK, Warszawa, 2002.
- [3] A. REZA, J. ZĘBALA, P. CIEPKA, *Techniczna weryfikacja możliwości doznania urazów karku przy najechaniu z tyłu*, Instytut Ekspertyz Sądowych, Materiały z Konferencji, Radom, 2003.
- [4] W. WACH, *Amerykańskie standardy analizy zderzeń pojazdów*, Instytut Ekspertyz Sądowych, materiały z konferencji, 2003.
- [5] M. KLEIBERGER, E. SUN, *Effects of head restraint position on neck injury in rear impact*, Seminarium, Canada, Vancouver, 1992.
- [6] Organizacja Narodów Zjednoczonych — Regulamin 25, nowelizacja 1, poprawka 03, 1994 — Homologacja zagłówków.
- [7] Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Sprawozdania z badań laboratoryjnych, Warszawa.

L. SOKALSKI, J. WAŚCISZEWSKI

Active head restraint concept

Abstract. The traffic situations where a car hits an obstacle on the road cause the most serious danger to health and life of car occupants. In such accidents, the occupants' heads and necks are exposed to the greatest hazard. To protect these parts of the body from injury, head restraint systems are used. Alas, the head restraint systems used at present are not sufficiently effective. Therefore the concept of an "active" head restraint system has been proposed.

In such a system, a possibility of automatic positioning of the headrest and suppression of the dynamic movement of the head and neck is provided. The new idea reduces the risk of injury and improves occupants' safety during a collision accident.

Keywords: passive safety, active head restraint system, collision

Universal Decimal Classification: 614.86