

Marek JAŚKIEWICZ

ANALIZA DZIAŁANIA ZAGŁÓWKÓW MECHANICZNYCH Z ZEROWĄ PRĘDKOŚCIĄ WZDŁUŻNĄ WZGLĘDEM GŁOWY

Streszczenie

W pracy zbudowano model matematyczny o trzynastu stopniach swobody przedstawiający człowieka-kierowcę w pozycji siedzącej, zapiętego pasami. Następnie przedstawiono koncepcję wielosekcyjnego zagłówka a w zasadzie idealnej tylnej ochrony głowy i kręgosłupa. Wykonano symulację ochronnego działania tego zagłówka z wykorzystaniem opracowanego modelu człowieka. Uzyskane wyniki wykorzystano do przeprowadzenia analiz wpływu czasu uruchomienia zagłówka oraz stopnia jego napełnienia na właściwości ochronne.

WSTĘP

W pracach [3] i [11] wykazano, że zagłówki powietrzne stanowią lepszą ochronę podczas zderzenia czołowego niż zagłówki mechaniczne. Przy dotknięciu głowy o zagłówek nie występuje zjawisko uderzenia, lecz głowa zostaje płynnie wyhamowana [2, 4, 9]. Zagłówki te mają jednak również wady. Po pierwsze, przemieszczenie poziome zagłówek jest niewielkie, a zatem głowa w dalszym ciągu przez dłuższy czas swojego ruchu powrotnego pozostaje bez ochrony. Po drugie, ich czas uruchomienia (odpalenia) musi być dostosowany do cech antropometrycznych kierowcy. Nie można zastosować średniego czasu uruchomienia zagłówka, gdyż dla jednej grupy będzie on za wczesny, a dla drugiej za późny.

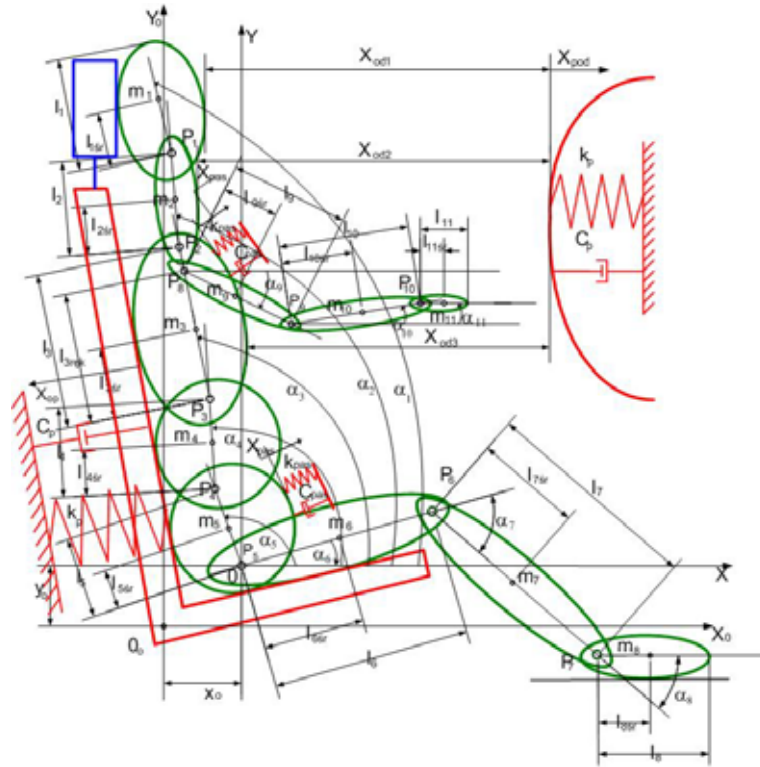
Poza wymienionymi niedogodnościami dużą wadą dla wszystkich zagłówek jest to, iż muszą się one znajdować na tym samym poziomie, co głowa. Jeżeli ich wysokość jest inna w porównaniu do głowy to nie zapewniają wystarczającej ochrony [1, 5, 7]. Dużo gorsze jest niższe położenie zagłówka w stosunku do położenia głowy, gdyż w takim przypadku nie tylko nie spełnia swojej funkcji ochronnej, ale wręcz przyczynia się (potęguje) do wystąpienia obrażeń górnego odcinka kręgosłupa [6, 8, 10].

1. BUDOWA MODELU CZŁOWIEKA-KIEROWCY

Przystępując do budowy matematycznego modelu dynamicznego człowieka kierowcy siedzącego w fotelu, zapiętego pasami, do symulacji komputerowych zderzeń samochodu przyjęto następujące założenia:

- model płaski (ruchy w płaszczyźnie XOZ samochodu w dalszych rozważaniach oznaczone jako płaszczyzna X_0OY_0),
- elementy modelu (poszczególne bryły) traktujemy jako doskonale sztywne,
- układ brył sztywnych odpowiada poszczególnym częściom ciała,

- znane jest położenie środków mas oraz momenty bezwładności poszczególnych brył,
- bryły połączone są przegubami podatnymi skrętnie o liniowej sztywności i tłumieniu,
- w połączeniach między poszczególnymi bryłami nie występują żadne luzy,
- jedynym wymuszeniem działającym na układ jest prędkość początkowa V_x ,
- nie uwzględniano ugięcia klatki piersiowej,
- pasy zamodelowane są jako elementy podatne Kelvina-Voigta,
- poduszkę gazową zamodelowano jako liniowy element podatny Kelvina-Voigta.

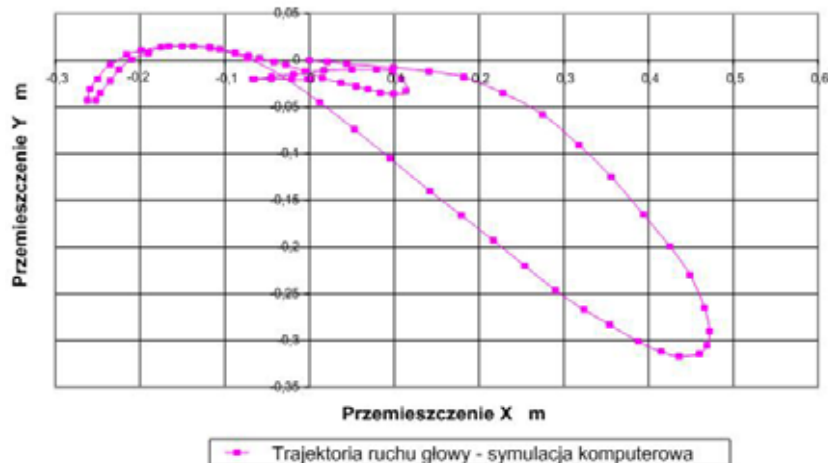


Rys. 1. Struktura modelu człowieka-kierowcy o 13 stopniach swobody

Źródło: Opracowanie własne.

Dla powyższego modelu wyprowadzono równania ruchu, posługując się równaniami Lagrange'a II rodzaju. Równania te przedstawione są w pracy [3]. Pełna identyfikacja parametrów sztywności i tłumienia występujących w modelach została przedstawiona w pracach [3, 12].

Na rys. 2 pokazano przykład trajektorii głowy z symulacji komputerowej wykonanej po identyfikacji parametrów. Pokazana symulacja komputerowa będzie wykorzystana w dalszej analizie.

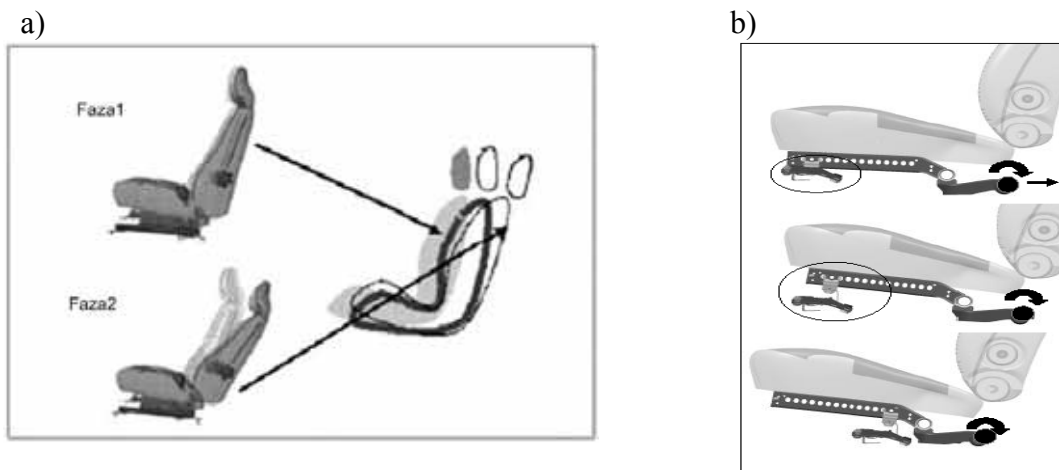


Rys. 2. Trajektoria ruchu głowy – symulacja komputerowa

Źródło: Opracowanie własne.

2. MODEL ZAGŁÓWKA AKTYWNEGO Z ZEROWĄ PRĘDKOŚCIĄ WZDŁUŻNĄ - AWS

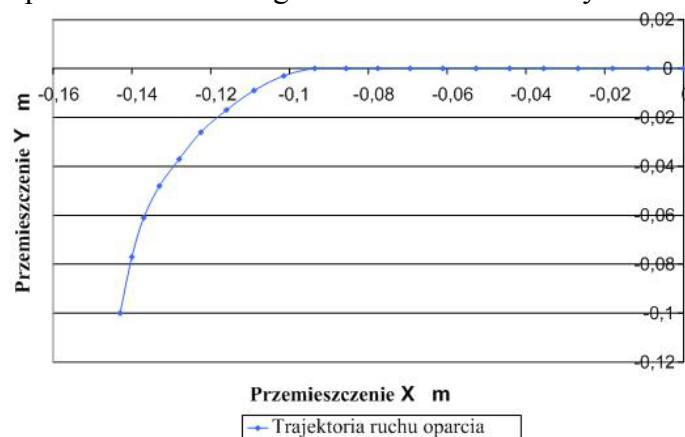
AWS (Aftermarket Anti Whiplash System) jest to system zabezpieczający przed obrażeniami tkanek miękkich szyi. Urządzenie to jest siedzeniem zamontowanym na szynach przytwierdzonych do podłogi pojazdu samochodowego (rys. 3b). Podczas uderzenia z tyłu siedzenie lekko cofa się na odległość 10 cm do tyłu, a element odbezpieczający (przytwierdzony do podłogi) jest wypychany do góry skutkiem, czego oparcie przechyla się do tyłu (rys. 3a).



Rys. 3. Model aktywnego systemu zabezpieczającego AWS: a) fazy ruchu siedzenia podczas uderzenia z tyłu, b) zasada działania mechanizmu AWS

Źródło: Opracowanie własne.

Na rys. 4 przedstawiono trajektorię ruchu zagłówka z zerową prędkością wzdłużną względem głowy. Na rysunku widać, że przemieszczenie zagłówka w kierunku X odbywa się zgodnie z ruchem powrotnym ciała kierowcy podczas zderzenia czołowego. W pierwszej części ruchu przemieszczenie ma charakter liniowy, zaś w drugiej paraboliczny. Maksymalne przemieszczenie zagłówka w kierunku X wynosi również 0.14 m. Przemieszczenie zagłówka w kierunku Y można podzielić na dwa etapy. W pierwszym etapie zagłówek w kierunku Y nie przemieszcza się. Po tym jak całe siedzenie cofnie się na odległość około 0,1 m zaczyna się drugi etap, czyli obrót zagłówka wraz z siedzeniem. Wówczas to następuje przemieszczenie zagłówka w kierunku Y. Przemieszczenie to na wykresie przybiera kształt paraboli. Założono, iż maksymalne przemieszczenie zagłówka w kierunku Y wynosi około 0.1 m.



Rys. 4. Trajektoria ruchu dla zagłówka AWS

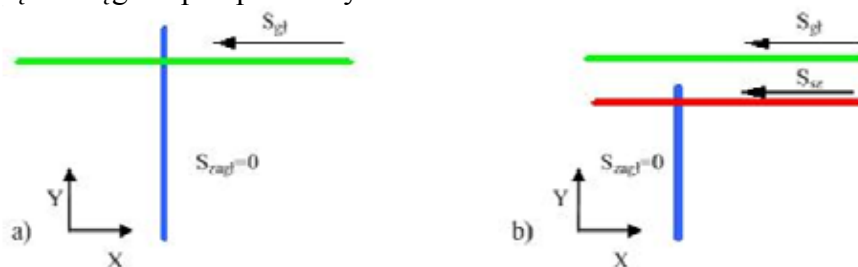
Źródło: Opracowanie własne.

3. ANALIZA DZIAŁANIA ZAGŁÓWKA

Współpraca zagłówek z głową

Dla tego typu zagłówek bardzo ważną rzeczą jest prawidłowe ustawienie położenia wysokości zagłówek. Dla ułatwienia analizy i interpretacji przebiegu podanego na rys. 5 pokazano dwie typowe sytuacje, które mogą wystąpić przy współpracy zagłówek (linia koloru niebieskiego z oznaczeniem S_{zagl}) z głową (linia koloru zielonego z oznaczeniem S_{gl}), dodatkowo pokazano przemieszczenie szyi (linia koloru czerwonego z oznaczeniem S_{sz}). Strzałki przy oznaczeniach pokazują kierunki przemieszczenia głowy, szyi i zagłówek.

Rozpatrujemy dwa przykłady współpracy głowy z zagłówek. Przykład 5a) pokazuje przypadek, gdy zagłówek ustawiony jest prawidłowo. Powracająca głowa uderza w zagłówek i opiera się na nim. Przykład 5b) pokazuje przypadek nieprawidłowego ustawienia zagłówek. Zagłówek jest ustawiony zbyt nisko. Powracająca głowa nie napotyka opór, przemieszcza się dalej. Co gorsze zbyt nisko ustawiony zagłówek podpira szyję, co w konsekwencji powodując, tzw. dźwignię potęguje uraz. W tym przypadku najczęściej dochodzi do złamania górnej części kręgosłupa i podstawy czaszki.



Rys. 5. Możliwe sytuacje współpracy zagłówek z głową: a) prawidłowa współpraca głowy z zagłówek – zagłówek ustawiony poprawnie, b) nieprawidłowa współpraca głowy z zagłówek – zagłówek ustawiony poniżej głowy

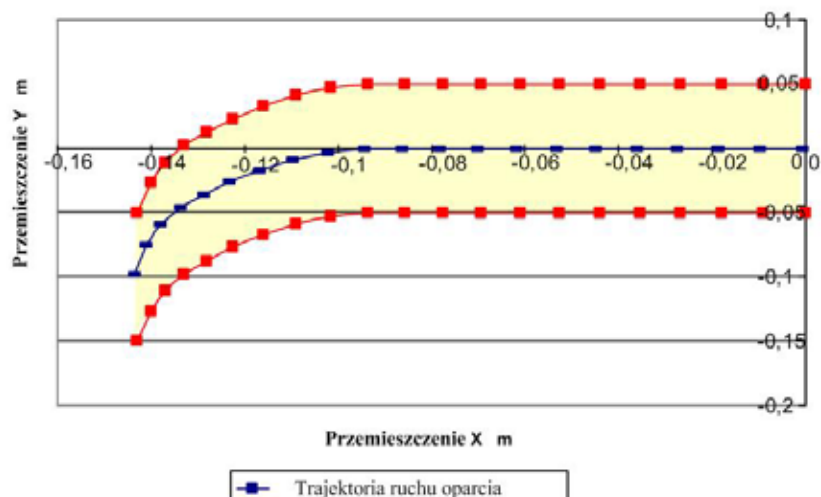
Źródło: Opracowanie własne.

Symulacja działania ochronnego zagłówek

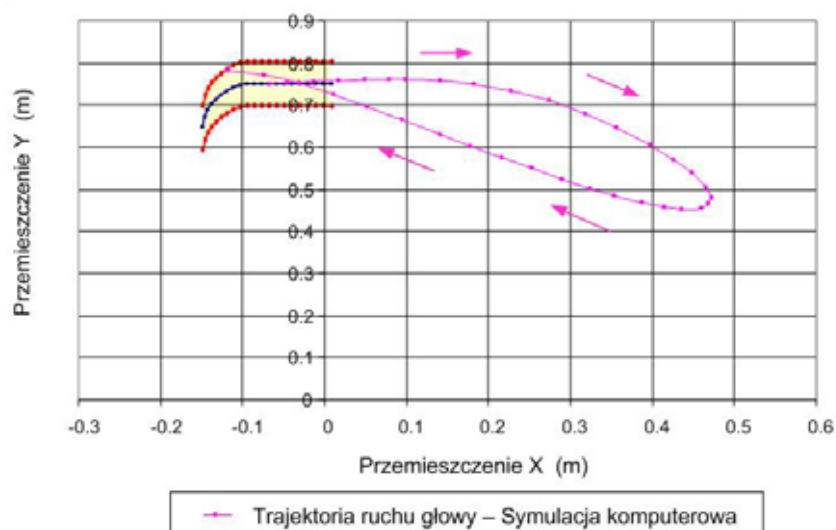
Zagłówek z zerową prędkością wzdłużną względem głowy jest to cały kompleks: zagłówek wraz z siedzeniem. Działanie tego typu zagłówek nie jest niezależne w działaniu od oparcia siedzenia, a wręcz przeciwnie, stanowi integralną część siedzenia, które to wspólnie stanowią ochronę przed obrażeniami górnego odcinka kręgosłupa. Określenie zerowa prędkość wzdłużną względem głowy oznacza, że zagłówek w chwili kontaktu z głową jest nieruchomy, można powiedzieć, iż oczekuje na głowę, która wykonuje ruch powrotny.

Aby można było dobrze ocenić przydatność tego typu zagłówek należy oprócz położenia średniego zagłówek – dla 50-centylowego mężczyzny – wyznaczyć obszary przewidywalnego dopuszczalnego ruchu zagłówek. Na rys. 6 pokazano wykres trajektorii ruchu zagłówek z zaznaczonym przewidywanym obszarem jego położenia.

W pierwszej fazie swojego ochronnego działania zagłówek AWS przemieszcza się wraz z oparciem tylko do tyłu w kierunku osi X. W ten sposób rozpoczyna się proces hamowania. Zwiększa się drogę, na której ciało musi wytracić swoją energię kinetyczną. Droga poziomego przemieszczenia zagłówek AWS wynosi około 0.1 m. Ruch odbywa się tylko w kierunku poziomym. W kierunku osi Y w pierwszej fazie ruch jest zerowy. Po przebyciu tej drogi następuje druga faza ruchu, czyli obrót zagłówek AWS. Założono, iż podczas fazy drugiej zagłówek przemieszcza się maksymalnie w kierunku pionowym na 0.1 m. Ustalono także możliwość pionowego wysuwania (pionowy, przewidywalny obszar ruchu) zagłówek na 0.05 m od poziomu średniego (kolor żółty). Na rys. 7 pokazano zestawione na jednym wykresie pierwszą fazę trajektorii ruchu głowy modelu człowieka z symulacji komputerowej oraz trajektorię ruchu zagłówek z zaznaczonym przewidywanym obszarem ruchu.



Rys. 6. Trajektoria ruchu zagłówka z zaznaczonym przewidywanym obszarem ruchu
 Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 7. Pierwsza faza trajektorii ruchu głowy modelu człowieka z symulacji komputerowej oraz trajektoria ruchu zagłówka z zaznaczonym przewidywanym obszarem ruchu
 Źródło: Opracowanie własne.

PODSUMOWANIE

Dla zagłówka AWS podobnie jak dla zagłówek poprzednich wysokość ustawienia zagłówka ma duży wpływ na poziom zabezpieczenia głowy i górnej części kręgosłupa. Z pokazanego wykresu wynika, że gdyby w pojeździe siedział 50-centylowy mężczyzna i nastąpiła zmiana kierowców na osobnika wyższego a zagłówek pozostałby niezmieniony to wówczas podczas czołowego zderzenia (faza powrotna głowy), lub najechania z tyłu zagłówek nie zapewniłby dostatecznej ochrony przed obrażeniami.

Za wadę zagłówka AWS można uznać to, iż podczas ruchu do tyłu potrzebne jest miejsce wolne, w którym ten ruch mógłby się odbyć. Jeżeli tego miejsca nie ma, wówczas zagłówek nie działa, a więc nie spełnia swej funkcji ochronnej.

BIBLIOGRAFIA

1. Wicher J.: *Zagadnienia bezpieczeństwa samochodu*, Politechnika Warszawska, Warszawa 1998.
2. Viano D., Olsen S., Locke G., Humer M.: *Neck biomechanical responses with active head restraints: rear barrier tests with BioRID and sled tests with Hybrid III*, SAE, Inc., Warrendale 2002.
3. Jaśkiewicz M.: *Symulacyjne badania działania zagłówka aktywnego*, Rozprawa doktorska, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2007.
4. Rokosch U.: *Airbag und Gurtstraffer*. Vogel Industrie Medien GmbH & Co. KG, Würzburg 2002.
5. *Aktive Kopfstütze mindert das Risiko von Nackenverletzungen*, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Januar 2006.
6. Schmitt K.-U., Niederer P., Walz F.: *Trauma Biomechanics. Introduction to Accidental Injury*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York 2004.
7. Segui-Gomez M.: *Driver airbag effectiveness by severity of the crash*, American Journal of Public Health, October 2000, Volume 90, Number 10.
8. Seiffert U., Wech L.: *Automotive safety handbook*, SAE, Inc., Warrendale 2003.
9. Viano D. C.: *Role of the seat in rear crash safety*, SAE, Inc., Warrendale 2002.
10. Klanner W., Ambos R., Hummel T., Langwieder K.: *Unfallverletzungen in Fahrzeugen mit Airbag*, Bergisch Glandbach, November 2004.
11. Jaśkiewicz M., Stańczyk T.L.: *Ocena działania aktywnych zagłówek gazowych poprzez porównanie kinematyki ruchu zagłówek i manekina w próbie zderzeniowej*, Teka Komisji Motoryzacji 2008, Zeszyt Nr 33-34, s. 159-168.
12. Jaśkiewicz M., Stańczyk T.L.: *The identification of damping and stiffness parameters of a driver model on the basis of crash tests*, Journal of KONES Powertrain and Transport 2009, Vol. 16, No. 1, pp. 229-238.

WORKING ANALYSIS OF MECHANICAL HEADRESTS AT ZERO LONGITUDINAL SPEED WITH RESPECT TO THE HEAD

Abstract

In this paper a mathematical model of 13 degrees of freedom representing the human-driver in a sitting position, fastened with seat belts was built. Then a concept of multiple headrest - an ideal way of the rear head and spine protection was presented. Simulation of the protective action of the headrest with the use of the human model was done. The obtained results were used to conduct studies, showing the influence of the activating of the headrest and its degree of filling on the protective properties of the headrest.

Autor: dr inż. **Marek Jaśkiewicz** – Politechnika Świętokrzyska