

Article citation info:

Dziewicki K, Prochowski L, Ziubiński M, Zielonka K. Assessment of the danger arising from an impact against a mobile computer present in the space between bus seats during a road accident. The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji. 2018; 79(1): 23-36, <http://dx.doi.org/10.14669/AM.VOL79.ART2>

Ocena zagrożenia wynikającego z uderzenia w mobilny komputer w przestrzeni między fotelami autobusu podczas wypadku drogowego

**Krzysztof Dziewiecki¹, Leon Prochowski²,
Mateusz Ziubiński³, Karol Zielonka⁴**

Uniwersytet Humanistyczno-Technologiczny im. Kazimierza Pułaskiego
w Radomiu,
Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego,
Przemysłowy Instytut Motoryzacji (PIMOT)

Streszczenie

Fotele pasażerów to jeden z najważniejszych elementów wyposażenia autobusów. W celu zwiększenia wygody osób jadących coraz częściej wyposaża się je w stoliki podtrzymujące mobilny komputer, laptop lub tablet w pozycji dogodnej do jego wykorzystania. To jednak może być istotnym źródłem zagrożenia podczas wypadku drogowego, szczególnie dla dzieci. Celem pracy jest ocena zagrożenia wynikającego z uderzenia w mobilny komputer oraz rozwijanie metod obliczeniowych, które ułatwią identyfikację tego zagrożenia jako skutków wypadku. Prowadzone w tym celu badania ułatwią rozpoznanie niektórych relacji pomiędzy roz-

¹ Uniwersytet Humanistyczno-Technologiczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Mechaniczny, ul. E. Stasieckiego 54, 26-600 Radom, Poland

² Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Mechanicznych i Transportu, ul. Gen. W. Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, Poland

³ Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Mechanicznych i Transportu, ul. Gen. W. Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, Poland; e-mail: mateusz.ziubinski@wat.edu.pl

⁴ Przemysłowy Instytut Motoryzacji (PIMOT), ul. Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa, Poland

mieszczeniem foteli, umieszczeniem podstawek podtrzymujących a cechami antropometrycznymi osób jadących w autobusie. Opracowano wielobryłowy model komputerowy, w którym uwzględniono fragment przestrzeni pasażerskiej autobusu z trzema fotelami wraz ze zintegrowanymi pasami bezpieczeństwa. Rozważa się kinematykę modeli osoby dorosłej i dziecka w przestrzeni między fotelami podczas czołowego uderzenia autobusu w przeszkodę. Szczególną uwagę zwrócono na możliwość powstania obrażeń twarzy w rezultacie uderzenia w powierzchnię czołową lub przednią krawędź laptopa. Uwzględnia się ograniczenia wynikające z możliwości ruchu głowy w przestrzeni między fotelami, a także wpływ zmiany odległości między nimi na prędkość i kąt uderzenia głową w komputer.

WPROWADZENIE

Fotele pasażerów to jeden z najważniejszych elementów wyposażenia autobusów. Pasy bezpieczeństwa i fotele to podstawowe elementy systemu ochrony indywidualnej. Pasy dwupunktowe stają się powszechne w autobusach. Jednocześnie w celu zwiększenia wygody osób jadących, fotele coraz częściej wyposaża się w stoliki (podstawki) podtrzymujące mobilny komputer, laptop lub tablet w pozycji dogodnej do pracy i rozrywki. Podróżni (dorośli i dzieci) korzystają z tych urządzeń w trakcie jazdy. To jednak może stanowić źródło zagrożenia podczas wypadku drogowego [8].

Pasy, zapinane na odcinku bioder, nie ograniczają w dostatecznym stopniu ruchu górnej części tułowia i głowy podczas uderzenia autobusu w przeszkodę. Podczas tego ruchu ciało człowieka zbliża się do oparcia fotela poprzedzającego, a niekiedy uderza w nie [6]. W celu zmniejszenia niekorzystnych skutków tego uderzenia pojawiły się propozycje projektowania tego oparcia w taki sposób, aby w czasie wypadku, pod naporem ciała pasażera oparcie poprzedzające ulegało zaprogramowanej deformacji, absorbując energię. Obecność półki podtrzymującej mobilny komputer poważnie ogranicza możliwość tego ruchu, a podczas wypadku drogowego stwarza zagrożenie dla pasażerów. Analiza tego zagrożenia należy do obszaru bezpieczeństwa biernego osób w transporcie publicznym.

Zagadnienia bezpieczeństwa biernego osób w autobusach są rozpatrywane w kilku aspektach. W pracach [4, 12] pokazano znaczną liczbę wyników badań i analiz sztywności nadwozia autobusu na podstawie różnego rodzaju eksperymentów i symulacji komputerowych. Wyniki te pokazują, że przygotowanie nadwozi autobusów w aspekcie bezpieczeństwa biernego nie zapewnia dostatecznej ochrony podróżujących z uwagi na niewystarczające rozproszczenie energii uderzenia poprzez deformację, czego efektem są nadmierne obciążenia, jakim poddawani są pasażerowie. Z kolei w pracach [5, 7, 11] analizowane jest zachowanie ciała człowieka w trakcie wypadku drogowego. Identyfikowane są problemy związane z uderzeniem pasażera w oparcie fotela poprzedzającego, a wyniki tych badań wskazują, że obecne rozwiązania pasów bezpieczeństwa wymagają dalszego doskonalenia.

Ważnym założeniem w procesie kształtowania bezpieczeństwa części wewnętrznej autobusu jest tzw. „szufladkowanie” (ang. „*pigeonholing*”) [3, 9], w którym dąży się do utworzenia wielu przedziałów ze ścianami absorbującymi energię uderzenia pasażerów o elementy wnętrza pojazdu. Główne elementy tych ścian to oparcia o znacznej wysokości i szerokości oraz odpowiednia odległość między nimi (tzw. szuflada, ang. „*drawer*”). Jednak pojawienie się w tej przestrzeni stolika i komputera (rys. 1) może stanowić źródło zagrożenia i obrażeń.



Rys. 1. Stoliki mocowane do oparcia foteli autobusu [13]

Obecnie brakuje wyników badań dotyczących wpływu tych dodatkowych elementów, występujących w przestrzeni wokół pasażerów, na powstawanie obrażeń w trakcie wypadku drogowego. Takim elementem może być stolik, który często jest dodatkowym wyposażeniem foteli autobusów i znajdujący się na nim mobilny komputer.

Celem pracy jest ocena zagrożenia wynikającego z uderzenia pasażera autobusu w komputer podczas wypadku drogowego. Analizie poddano przebieg i skutki tego uderzenia. W sposób szczegółowy rozważono wpływ odległości L_0 między fotelami na kinematykę dziecka i osoby dorosłej w przestrzeni między fotelami autobusu. Rezultaty tych badań mogą prowadzić do poprawy bezpieczeństwa biernego pasażerów.

Podczas realizacji pracy wykorzystano wyniki badań eksperymentalnych do identyfikacji ruchu manekinów w przestrzeni między fotelami podczas uderzenia autobusu w przeszkodę [6, 7, 8]. Rezultaty tych badań stanowiły podstawę do zbudowania modelu komputerowego.

1. MODEL I JEGO WŁAŚCIWOŚCI

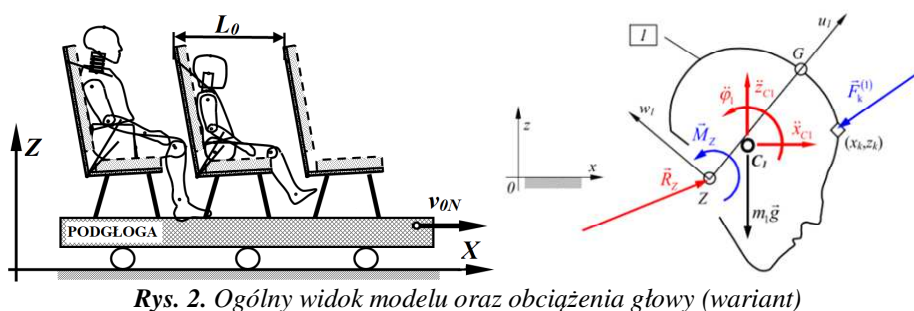
Opracowano wielobryłowy model komputerowy, w którym uwzględniono m.in.:

- proces deformacji przedniej części pojazdu (wymuszenie pod postacią przebiegu przyspieszenia);
- podatność połączenia fotela z podłogą,
- momenty oporowe w przegubach łączących człony foteli oraz manekinów;
- reakcje od taśmy pasów bezpieczeństwa na tors;
- siły kontaktowe pomiędzy członami manekinów a fotelami i podstawką z komputerem.

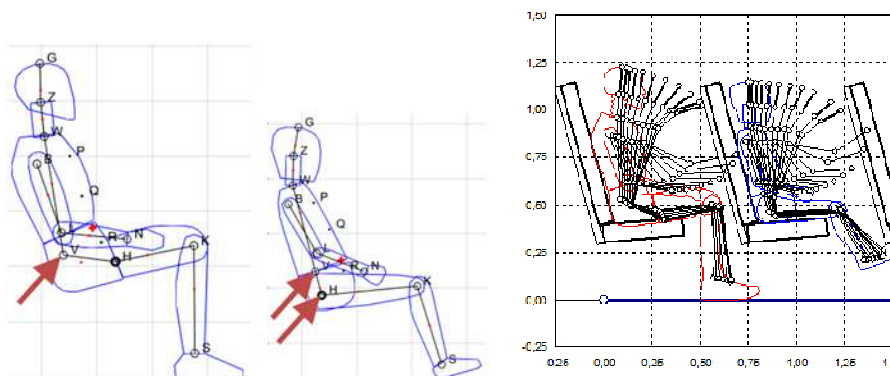
Model opisuje ruch manekinów: HIII w rozmiarze M50 (mężczyzna 50-cio centylowy) i P10 (dziecko 9-12 lat). Geometria modelu zdefiniowana jest przez 27 współrzędnych uogólnionych. W celu wyznaczenia ruchu elementów układu rozwiązano układ 54 równań różniczkowych. Obliczenia numeryczne realizowane są przez opracowany do tego zadania program HYBRID_HYBv105, pracujący w środowisku MATLAB. Przyjęto, że model porusza się ruchem płaskim z początkową prędkością v_{0N} , traktowaną jako prędkość uderzenia w przeszkodę.

Rysunek 2 przedstawia ogólny widok modelu oraz głowę manekina, jako przykład oddziaływania obciążenia, które w tym wypadku stanowią: reakcje w przegubie M_z , R_z , ciężar m_jg oraz siły przyłożone w punktach kontaktu z innymi członami modelu. Model został przedsta-

wiony w [2]. Zasadniczy dobór parametrów i charakterystyk modelu wykonano na podstawie pomiarów charakterystyk foteli, manekinów pomiarowych, taśmy pasa itd. Badania eksperymentalne przeprowadzono w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji (PIMOT). Przykład wyników testu zderzeniowego, w którym fizyczny model wycinka autobusu uderza w przeszkodę z $v = 30 \text{ km/h}$ pokazano na rysunku 3.



Wykorzystując wyniki badań eksperymentalnych (przykład na rys. 3) do ustalenia trajektorii punktów charakterystycznych (znaczniki na manekinach), narysowano umowny przebieg linii środkowych względem brył manekina. Kolejne położenia tych linii (co 0,02s) pokazano na rysunku 4 na podstawie analizy filmu z testu zderzeniowego. Obliczenia walidacyjne potwierdziły poprawną reakcję modelu na oddziaływanie udarowe, wynikające z procesu deformacji nadwozia autobusu podczas czołowego uderzenia w sztywną przeszkodę [2, 7].



Rys. 4. Punkty charakterystyczne na modelach manekinów oraz ich przemieszczenie podczas eksperymentu; strzałkami oznaczano przeguby istotne z punktu widzenia pochylania się torsu

Symulacje komputerowe przeprowadzono przy wymuszeniu kinematycznym, które odzwierciedla przebieg przyspieszenia środka masy nadwozia autobusu podczas uderzenia w sztywną barierę z prędkością $v = 50$ km/h. Na tylnej stronie oparcia foteli umieszczono stoliki do postawienia mobilnego komputera (laptopa). Manekiny są przytrzymywane za pomocą dwupunktowych pasów bezpieczeństwa (oznaczonych na rysunku 5 linią różową). Podczas tworzenia modelu uwzględniono doświadczenia wynikające z opisu dynamiki ciała człowieka w [1, 10].

2. WYNIKI BADAŃ

Rozważa się kinematykę osoby dorosłej i dziecka w przestrzeni między fotelami podczas czołowego uderzenia autobusu w przeszkodę. Podstawę do tych rozważań stanowią wyniki badań symulacyjnych. Na rysunku 5 przedstawiono przykład animacji (klatki symulacji z krokiem 0,02s), pokazującej ruch modeli manekinów między fotelami rozstawionymi na odległość 0,75m, ze stolikiem umocowanym do oparcia na wysokości 0,72m (od podłogi).

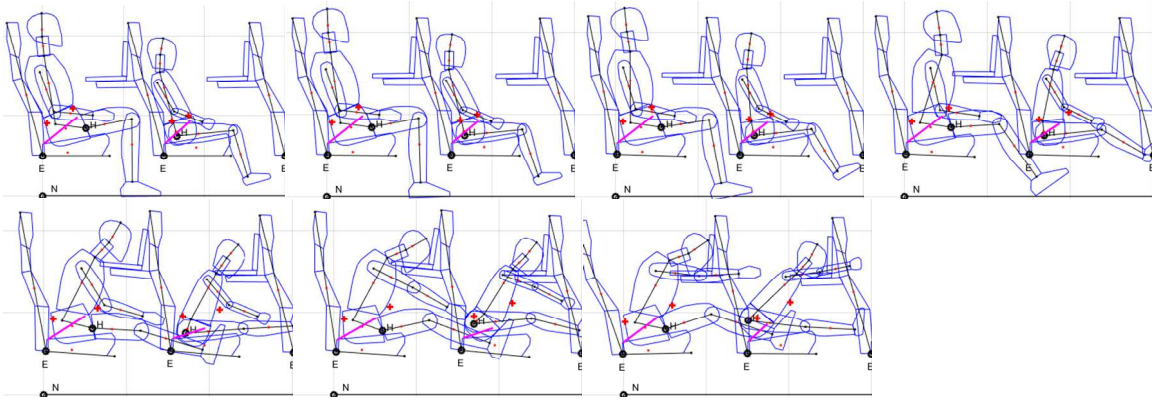
Podczas analizy kinematyki uderzenia głową w mobilny komputer rozważono wpływ odległości L_0 między fotelami na przebieg i skutki tego uderzenia. Odległość nominalna wynosiła 0,75m, a podczas badań uwzględniono kolejne warianty, w których L_0 zmniejszono co 0,02, aż do 0,65m. Pod uwagę brano:

- prędkość ruchu głowy w kierunku stycznym i normalnym do komputera;
- kąt pochylenia głowy oraz torsu (pokazano na rysunku 6).

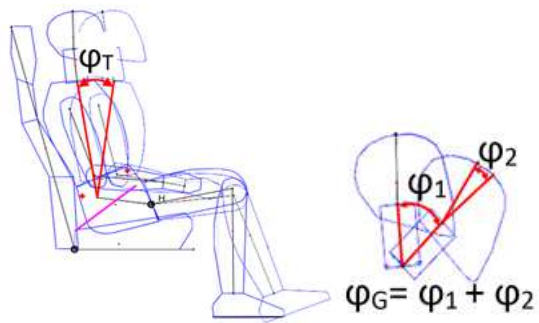
Przebiegi tych zmiennych wykorzystano do określenia wartości w charakterystycznych chwilach wypadku drogowego, a mianowicie:

- czasu, jaki upływa od chwili uderzenia autobusu w przeszkodę do uderzenia osoby jadącej w komputer;
- kąta położenia wektora prędkości uderzenia w chwili początku kontaktu głowy z komputerem.

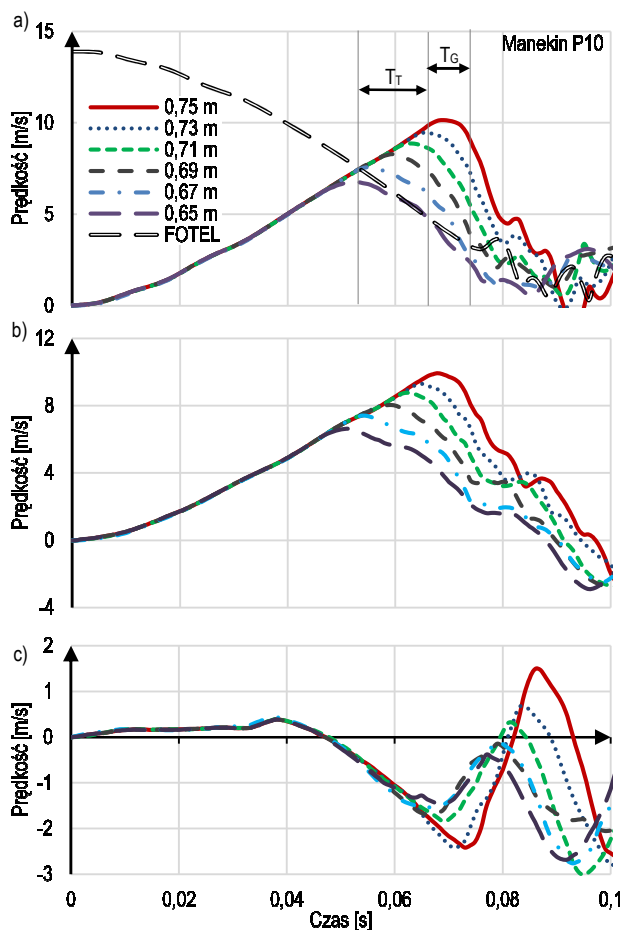
Wielkości te pozwalają na identyfikację energii uderzenia oraz położenia głowy względem komputera w chwili początkowej ich kontaktu. Zasadnicze wyniki obliczeń kinematyki dziecka przedstawiono na rysunkach 7-9, a osoby dorosłej na rysunkach 10-12. Obliczone przebiegi przedstawiono w czasie 0 - 0,10s. W tym zakresie, podczas analizowanego wypadku drogowego jest widoczny ruch pasażerów od położenia początkowego do uderzenia głową lub torsem w komputer.



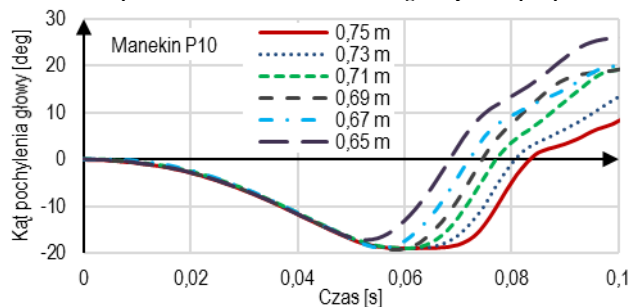
Rys. 5. Przebieg animacji komputerowej ruchu ciała dziecka i osoby dorosłej w czasie 0-0,12 s (krok 0,02s), $L_0 = 0,75m$



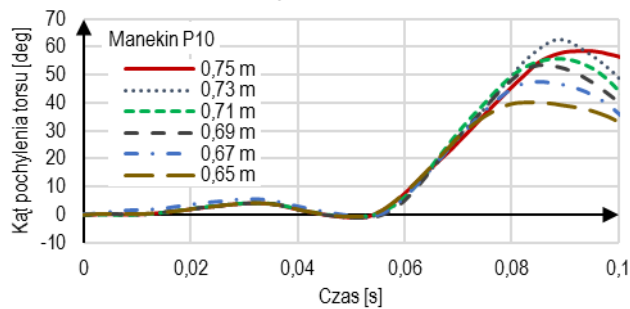
Rys. 6. Kąt pochylenia torsu φ_T i głowy φ_G



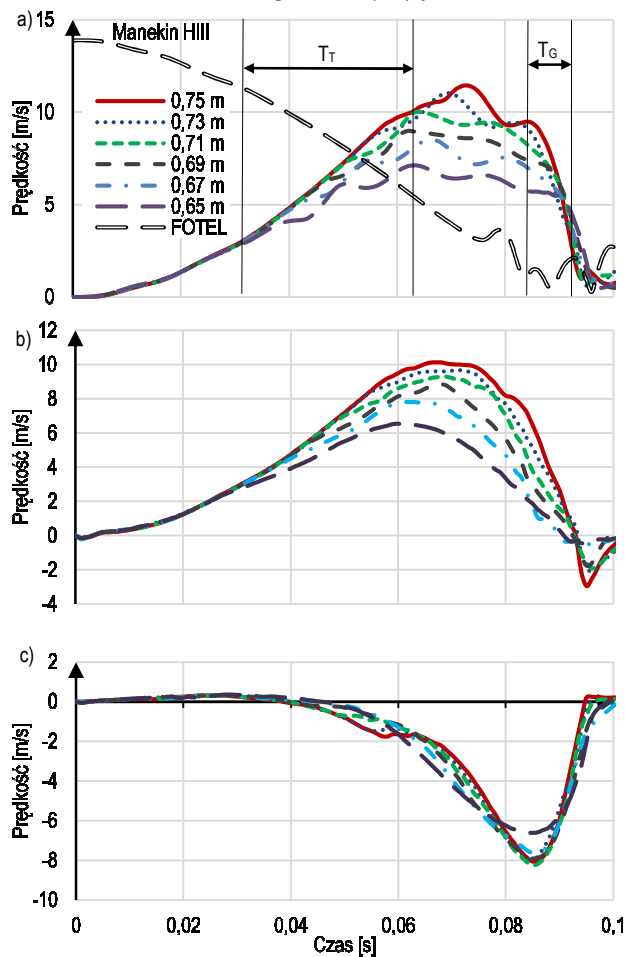
Rys. 7. Przebiegi prędkości głowy manekina P10 dla kilku wartości odległości między fotelami: a) prędkość wypadkowa; b) składowa pozioma wektora prędkości; c) składowa pionowa wektora prędkości; T_T – przedział czasu uderzenia torsu w laptopa; T_G – przedział czasu uderzenia głowy w laptopa



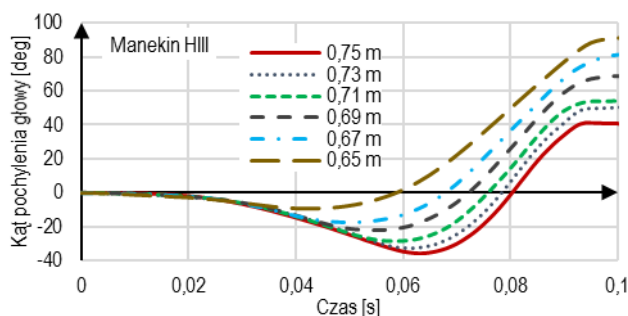
Rys. 8. Przebiegi zmian kąta pochylenia głowy φ_G manekina P10 dla kilku odległości między fotelami



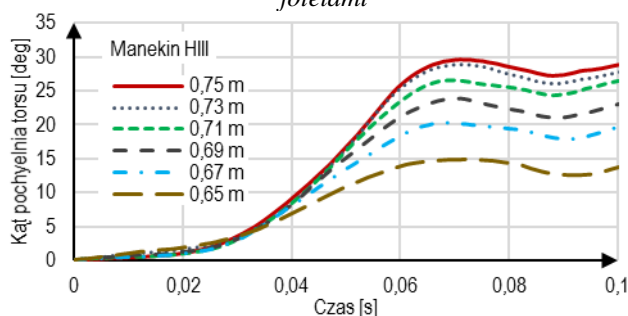
Rys. 9. Przebiegi zmian kąta pochylenia torsu φ_T manekina P10 dla kilku odległości między fotelami



Rys. 10. Przebiegi prędkości głowy manekina HIII dla kilku wartości odległości między fotelami: a) prędkość wypadkowa; b) składowa pozioma wektora prędkości; c) składowa pionowa wektora prędkości; T_T – przedział czasu uderzenia torsu w laptopa; T_G – przedział czasu uderzenia głowy w laptopa



Rys. 11. Przebiegi zmian kąta pochylenia głowy ϕ_G manekina HIII dla kilku odległości między fotelami



Rys. 12. Przebiegi zmian kąta pochylenia torsu ϕ_T manekina HIII dla kilku odległości między fotelami

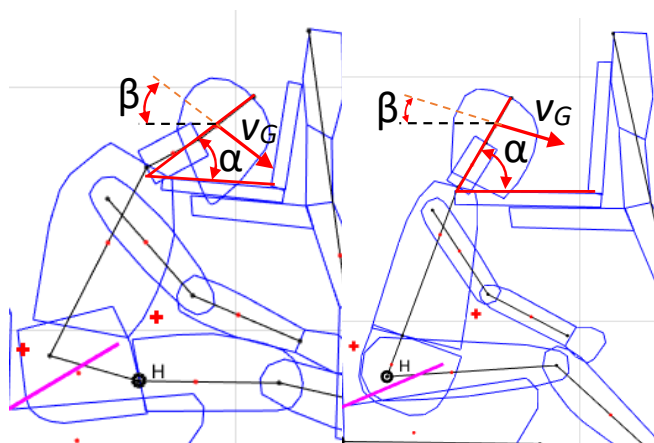
3. ANALIZA I Dyskusja Wyników Badań

Przeprowadzone obliczenia pozwalają zidentyfikować istotne zagrożenie, które powstaje w chwili wypadku, a związane jest z korzystaniem w podróży z komputera mobilnego. Powstanie obrażeń głowy jest rezultatem wysokiej wartości prędkości uderzenia w powierzchnię czołową lub przednią krawędź laptopa.

Przebiegi prędkości głowy dziecka (rysunek 7) do chwili jej kontaktu z komputerem w małym stopniu zależą od odległości między fotelami. Chwila uderzenia torsu manekina P10 następuje przy $T = 0,056 - 0,068$ s i jest to tym wcześniej im odległość między fotelami jest mniejsza (tabela 1). Obliczenia pokazały (rys. 7b, c) dominujący udział składowej poziomej wektora prędkości głowy dziecka, a z niego wynika poślizgowy charakter uderzenia. Przebieg składowej poziomej wektora prędkości wskazuje chwilę uderzenia (rysunek 7b) i rezultat w postaci gwałtownej zmiany jej wartości. Natomiast składowa pionowa pokazuje narastający ruch głowy do dołu w czasie zderzenia (obniżanie głowy przy ujemnej wartości tej składowej). Skutkiem tego obniżania jest uderzenie głowy w komputer w czasie $0,068 - 0,074$ s (tabela 1) i

gwałtowne wyhamowywanie jej ruchu w tym kierunku. Wyznaczony kąt położenia wektora prędkości głowy β potwierdza (rysunek 13) poślizgowy charakter uderzenia tej części ciała dziecka w komputer. Na rysunku tym pokazano także kąt α pomiędzy położeniem głowy a płaszczyzną laptopa w chwili uderzenia. Wyznaczono go, jako różnicę pomiędzy wartościami kąta pochylenia głowy (rysunek 6) i kąta pomiędzy płaszczyzną laptopa a płaszczyzną poziomą”

Strefa kontaktu między manekinem a komputerem obejmuje także obszar szyi dziecka, co jest szczególnie niepokojącym rezultatem obliczeń, z uwagi na wrażliwość tej części ciała człowieka. Analiza tego aspektu uderzenia w komputer będzie tematem oddzielnej pracy.



Rys. 13. Kąt pochylenia głowy α względem komputera mobilnego i kąt odchylenia β wektora wypadkowej prędkości środka masy głowy v_G manekina HIII (po lewej) i P10 (po prawej) w chwili uderzenia w komputer

Ruch kątowy torsu i głowy dziecka (rys. 8 i 9) do chwili początku kontaktu jego głowy z komputerem nie zależy od odległości L_0 . Ruch ten prowadzi do zwiększania kąta pochylenia torsu w kierunku wektora prędkości autobusu oraz odchylenia głowy w kierunku przeciwnym. Kontakt uderzeniowy rozpoczyna się ok. 0,062s przy nominalnej odległości między fotelami lub wcześniej, gdy ta odległość ulega zmniejszeniu (rys. 8). Po uderzeniu torsu następuje zmiana kierunku ruchu głowy na pochylenie jej do przodu. To pochylenie jest tym bardziej intensywne im odległość między fotelami jest mniejsza. Początek uderzenia głowy w komputer powoduje też wyhamowanie procesu narastania kąta pochylenia torsu (rys. 9).

Tab. 1. Zestawienie wartości czasu, prędkości i kąta położenia głowy manekina P10 w chwili uderzenia w komputer mobilny

Rozstaw foteli [m]	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
Czas uderzenia torsu w krawędź komputera mobilnego [s]	0,068	0,065	0,065	0,062	0,060	0,056
Czas uderzenia głowy (twarzy) w klawiaturę laptopa [s]	0,074	0,074	0,071	0,071	0,069	0,068

Składowa pozioma wektora prędkości środka masy głowy [m/s]	9,9	9,3	8,8	8,0	7,4	6,6
Składowa pionowa wektora prędkości środka masy głowy [m/s]	-2,4	-2,4	-1,9	-1,7	-1,6	-1,5
Wypadkowa prędkość środka masy głowy [m/s]	10,1	9,5	8,9	8,3	7,6	6,8
Kąt pomiędzy kierunkiem wektora prędkości środka masy głowy a płaszczyzną laptopa β [deg]	13,6	14,5	12,2	12,0	21,3	22,3
Kąt położenia głowy względem klawiatury α [deg]	64,9	66,0	59,7	65,5	61,9	61,8

Kinematyka osoby dorosłej różni się od kinematyki dziecka, co szczególnie jest widoczne w przebiegach prędkości (rysunek 10) oraz zmian kąta pochylenia torsu i głowy (rysunki 11 i 12). Niewielka odległość między fotelami autobusu powoduje, że tors osoby dorosłej uderza w komputer przy $T = 0,033 - 0,062s$, zanim nastąpi kontakt głowy z klawiaturą. Dalszy ruch ciała osoby dorosłej widoczny jest w narastaniu kąta pochylenia głowy, aż do uderzenia twarzą w powierzchnię (klawiaturę) laptopa przy $T = 0,086 - 0,092s$ (tabela 2). Zidentyfikowano tutaj zależność, dla której im wcześniej następuje uderzenie torsu w krawędź komputera, tym później głowa uderza w klawiaturę (rysunek 10).

Przebieg prędkości głowy osoby dorosłej pokazuje, że obie składowe tego wektora mają porównywalne wartości w chwili kontaktu głowy z komputerem (tabela 2), co wskazuje na specyficzny charakter tego uderzenia. Widoczne są bardzo duże wartości składowej normalnej (rysunek 10c) w chwili uderzenia w komputer, które sięgają od 6,5 do 8 m/s i są ok. cztery razy wyższe niż uderzenia dziecka (tabela 1 i 2).

Tab. 2. Zestawienie wartości czasu, prędkości i kąta położenia głowy manekina HIII w chwili uderzenia w komputer mobilny

Rozstaw foteli [m]	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
Czas uderzenia torsu w krawędź komputera mobilnego [s]	0,062	0,057	0,051	0,045	0,049	0,033
Czas uderzenia głowy (twarzy) w klawiaturę laptopa [s]	0,086	0,088	0,088	0,090	0,090	0,092
Składowa pozioma wektora prędkości środka masy głowy [m/s]	10,1	9,7	9,3	8,8	7,8	6,5
Składowa pionowa wektora prędkości środka masy głowy [m/s]	-8,1	-7,9	-8,3	-7,9	-7,6	-6,6
Wypadkowa prędkość środka masy głowy [m/s]	13,0	12,5	12,4	11,9	10,9	9,3
Kąt pomiędzy kierunkiem wektora prędkości środka masy głowy a płaszczyzną laptopa β [deg]	38,5	39,3	41,6	41,8	44,4	45,3
Kąt pochylenia głowy względem klawiatury α [deg]	41,7	29,4	24,0	11,1	6,4	1,5

Zestawione w tabelach 1 i 2 wartości ekstremalne prędkości uderzenia głowy w komputer podczas wypadku drogowego wskazują na istotną ich zależność od odległości między fotelami.

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki badań dają podstawę do oceny wpływu odległości między fotelami na zagrożenie wynikające z uderzenia głową (twarzą) w powierzchnię roboczą lub krawędź mobilnego komputera, a mianowicie:

- podczas czołowego uderzenia autobusu w przeszkodę, dziecko uderza torsem w komputer po upływie $T = 0,056 - 0,068$ s, a dorosły po $T = 0,033 - 0,062$ s od początku wypadku drogowego;
- czas uderzenia zależy od odległości między fotelami i jest tym krótszy im odległość L_0 jest mniejsza;
- uderzenie głową dziecka następuje z prędkością $v = 6,6-9,6$ m/s i ma charakter poślizgowy;
- prędkość uderzenia głową w komputer rośnie wraz ze wzrostem L_0 ;
- w chwili uderzenia głowa zmienia kierunek ruchu i następuje gwałtowne jej odchylenie do tyłu, a prędkość tego odchylenia głowy dziecka jest tym większa im L_0 jest mniejsze;
- przebieg uderzenia osoby dorosłej w komputer mobilny jest inny niż u dziecka;
- dorosły, przytrzymywany pasem dwupunktowym w czasie wypadku, początkowo uderza torsem w krawędź komputera, a głową dopiero w czasie $T = 0,086 - 0,092$ s;
- podczas tego uderzenia składowa normalna wektora prędkości głowy osiąga $v = 6,5 - 8$ m/s i są to wartości około cztery razy wyższe niż przy uderzeniu głowy dziecka.

Przedstawione obliczenia wykonano przy prędkości uderzenia $v = 50$ km/h w przeszkodę. Wskazują one na istotne źródło obrażeń pasażerów, wynikające z obecności przedmiotów (stoliki i komputery mobilne) w przestrzeni pomiędzy fotelami autobusu. Biorąc pod uwagę obliczone wartości prędkości uderzenia w czasie wypadku drogowego, przedmioty te mogą stanowić realne zagrożenie dla zdrowia podróżnych.

BIBLIOGRAFIA

1. Blajer W., Czaplicki A., Dziewiecki K., Mazur Z., *Influence of selected modeling and computational issues on muscle force estimates*, Multibody System Dynamics, vol. 24, 2010, pp. 473–492.
2. Dziewiecki K., Prochowski L., Zielonka K., *Modelling and experimental investigation of the motion of a microbus passenger in the space between seat rows during a road accident*, 3rd Polish Congress of Mechanics and 21st International Conference On Computer Methods in Mechanics, 2015.
3. Elias J. C., Sullivan L. K., McCray L. B., *Large school bus safety restraint evaluation*, 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Amsterdam 2001.
4. Mayrhofer E., Steffan H., Hoschopf H., *Enhanced coach and bus occupant safety*, UNECE Informal Document: GRSG86-4, 2004.
5. Pawłowski B., *Wybrane aspekty bezpieczeństwa biernego autobusów szkolnych*, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe 15 (2014), str. 29-32.

6. Prochowski L., Zielonka K., *Metody badań i wyniki pomiarów obciążeń dynamicznych pasażerów podczas uderzenia autobusu w przeszkodę*, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów PW, nr 1/2010, str. 255-266.
7. Prochowski L., Zielonka K., Trzaska P., *Analiza właściwości ochronnych fotelika i podstawki podwyższającej na podstawie ruchu ciała dziecka w czasie uderzenia samochodu w przeszkodę*, Logistyka 3/2012.
8. Saginus K. A., Marklin R. W., Seeley P., Simoneau G. G., Freier S., *Biomechanical Effects of Mobile Computer Location in a Vehicle Cab*, Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society 53.5 (2011): 474-88
9. Svensson O., Boström J., Davidsson, H. A., Hansson Y., Håland P., Lövsund, A., Suneson A., *Neck injuries in car collisions – a review covering a possible injury mechanism and the development of a new rear-impact dummy*, Whiplash Associated Disorders World Congress, Vancouver, Australia 1999.
10. Tejszerska D., Świtoński E., Gzik M., *Biomechanika narządu ruchu człowieka*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji - PIB, Gliwice 2011.
11. Xiaolong Z., Chao C., *A study of occupant injury based on dynamics tests of a school bus seat*, 2013 Fifth Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation.
12. Youming T., Youming Y., Hongwu H., *Energy absorption study on drive cab of an inter-city coach in frontal impact analysis*, 2013 Fifth Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation.
13. <http://www.longaribus.com/en/coach/>

Autorzy:

dr inż. **Krzysztof Dziewiecki** – Uniwersytet Humanistyczno-Technologiczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Mechaniczny, ul. E. Stasieckiego 54, 26-600 Radom

prof. dr hab. inż. **Leon Prochowski** – Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Mechanicznych i Transportu, ul. Gen. W. Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa

mgr inż. **Mateusz Ziubiński** – Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Mechanicznych i Transportu, ul. Gen. W. Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, kontakt: mateusz.ziubinski@wat.edu.pl

dr inż. **Karol Zielonka** – Przemysłowy Instytut Motoryzacji, ul. Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa