

SOBOLEWSKI Tomasz¹
TRZASKA Paweł²

Bezpieczeństwo pasażerów autobusów w kontekście obowiązujących przepisów homologacyjnych foteli autobusowych

Słowa kluczowe

Bezpieczeństwo, autobus, badania, homologacja, Regulamin EKG ONZ, pasy bezpieczeństwa

Streszczenie

Przedstawiono metody wykonywania badań homologacyjnych foteli autobusowych, mających bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo pasażerów autobusu w czasie wypadku drogowego. Na podstawie badań homologacyjnych foteli autobusowych, określono wpływ zastosowania 2-punktowych i 3-punktowych pasów bezpieczeństwa na bezpieczeństwo pasażerów autobusu w czasie wypadku.

THE SAFETY OF BUS PASSENGERS IN THE CONTEXT OF EXISTING LEGISLATION APPROVAL BUS SEATS

Abstract

The paper presents methods for type approval testing of bus seats, which have a direct impact on the safety of bus passengers during an accident. On the basis of approval of bus seats, the influence of the use of 2-point and 3-point safety belts for bus passengers at the time of the accident.

1. WSTĘP

Transport autobusowy należy do jednego z najpopularniejszych na świecie. Jednym z najważniejszych zagadnień związanych z każdym rodzajem transportu ludzi jest problem bezpieczeństwa. W każdym rodzaju transportu zdarzają się wypadki, do których dochodzi na skutek popełnienia błędu ludzkiego, awarii określonego podzespołu środka transportu, czynnika zewnętrznego lub połączenia kilku czynników.

Pojazdy samochodowe wyposaża się często w systemy bezpieczeństwa czynnego (zadaniem których jest minimalizowanie ryzyka wystąpienia wypadku) i systemy bezpieczeństwa biernego (chroniącego pasażerów pojazdu w przypadku wystąpienia wypadku).

Wśród systemów bezpieczeństwa biernego, w pojazdach samochodowych można wyszczególnić przede wszystkim poduszki gazowe, napełniające się gazem po wystąpieniu zderzenia pojazdu z przeszkodą. Zadaniem poduszek gazowych jest zmniejszenie ryzyka odniesienia poważnych obrażeń pasażera pojazdu. Poduszki gazowe przejmują energię ruchu głowy pasażera, chroniąc głowę przed uderzeniem w twarde elementy wnętrza pojazdu.

Oprócz poduszek gazowych bardzo ważny jest aspekt prawidłowego przytrzymania pasażera na fotelu za pomocą pasów bezpieczeństwa. Niezmiernie ważną rolę w bezpieczeństwie pasażerów w transporcie odgrywa odpowiednia regulacja systemu przytrzymania pasażera. Istotne jest odpowiednie wyregulowanie wysokości położenia górnego punktu kotwiczenia pasów bezpieczeństwa (w przypadku 3-punktowego systemu przytrzymania) oraz zapewnienie odpowiedniego przebiegu taśm pasów względem ciała pasażera.

W pojazdach samochodowych górny punkt kotwiczenia pasów bezpieczeństwa w większości przypadków umieszczony jest w konstrukcji nadwozia pojazdu. W wielu przypadkach fotel samochodowy pełni funkcję wyłącznie siedziska i zasadniczo nie przytrzymuje pasażera w czasie wypadku.

Fotele autobusowe w odróżnieniu do foteli samochodowych, pełnią najczęściej poza funkcją siedziska, również funkcję przytrzymania pasażera w czasie wypadku. Fotele autobusowe wykorzystuje się do montażu w ich konstrukcjach punktów kotwiczenia pasów bezpieczeństwa.

2. ZADANIA STAWIANE FOTELOM AUTOBUSOWYM

Fotele autobusowe, w porównaniu z fotelami samochodowymi pełnią zdecydowanie ważniejszą funkcję w kontekście bezpieczeństwa pasażerów.

Obecnie obowiązujące przepisy (Dyrektywa 2005/40/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 7 września 2005 r. która zmienia dyrektywę Rady 77/541/EWG) wymagają od producentów autobusów turystycznych wyposażania foteli nowych autobusów w dwupunktowe pasy bezpieczeństwa. Pasy bezpieczeństwa trzypunktowe instaluje się na miejscach siedzących szczególnie zagrożonych. Z punktu widzenia bezpieczeństwa celowe wydaje się być wyposażanie wszystkich miejsc siedzących w autobusach w 3-punktowe pasy bezpieczeństwa.

¹ mgr inż. Tomasz Sobolewski – Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Laboratorium Bezpieczeństwa Pojazdów, t.sobolewski@pimot.org.pl, tel. 227777143

² mgr inż. Paweł Trzaska – Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Laboratorium Bezpieczeństwa Pojazdów, p.trzaska@pimot.org.pl, tel. 227777143

Fotele autobusowe ze względu na fakt, że wyposażane są w punkty kotwiczenia pasów bezpieczeństwa i biorą udział tym samym w procesie przytrzymania pasażera w czasie wypadku, powinny:

- posiadać dużą sztywność aby zapewnić skuteczne przytrzymanie przemieszczającego się na skutek występowania sił bezwładności ciała pasażera w czasie wypadku autobusu,
- posiadać dużą podatność aby ograniczyć przeciążenia ciała pasażera.

Powyższe dwa czynniki, którymi powinny cechować się fotele autobusowe są z reguły do siebie przeciwne. Bezpieczny fotel autobusowy powinien skutecznie przytrzymać ciało pasażera w czasie wypadku i jednocześnie zapewnić ograniczenie przeciążenia ciała pasażera przypiętego pasami bezpieczeństwa do fotela poprzez kontrolowane odkształcenie konstrukcji fotela. Oparcie fotela powinno zapewniać również skuteczne rozpraszanie energii innej osoby uderzającej w czasie wypadku w tył fotela. Powinno pełnić więc rolę podobną do tej, którą pełni w samochodzie osobowym poduszka gazowa w którą uderza głowa pasażera samochodu osobowego w czasie wypadku. Powyższe cechy foteli autobusowych uzyskuje się poprzez odpowiednią konstrukcję oraz dobór materiałów do ich produkcji. Wymienione cechy foteli sprawdza się na drodze badań. Fotele autobusowe muszą spełniać wymagania odpowiednich Regulaminów EKG-ONZ lub równoważnych im Dyrektyw Europejskich.

3. BADANIA FOTELI AUTOBUSOWYCH

Fotele autobusowe bada się zasadniczo na zgodność z wymaganiami:

- Regulaminu EKG ONZ nr 14 – „Jednolite przepisy dotyczące homologacji pojazdów w odniesieniu do kotwiczeń pasów bezpieczeństwa, systemów kotwiczenia ISOFIX i kotwiczeń górnego paska mocującego ISOFIX”, lub równoważnej;
- Dyrektywy Europejskiej 76/115/EWG z późniejszymi zmianami – „DYREKTYWA RADY z dnia 18 grudnia 1975 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do punktów mocowania pasów bezpieczeństwa w pojazdach silnikowych”,
- Regulaminu EKG ONZ nr 80 – „Jednolite przepisy dotyczące homologacji siedzeń dużych pojazdów pasażerskich oraz tych pojazdów w zakresie wytrzymałości siedzeń i ich mocowań.

Ponadto pasy bezpieczeństwa muszą posiadać homologację zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 16.

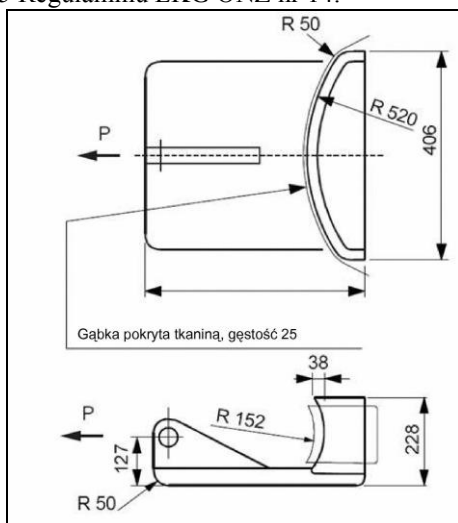
4. SPOSOBY BADAŃ FOTELI AUTOBUSOWYCH

a) Badanie foteli autobusowych zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 14

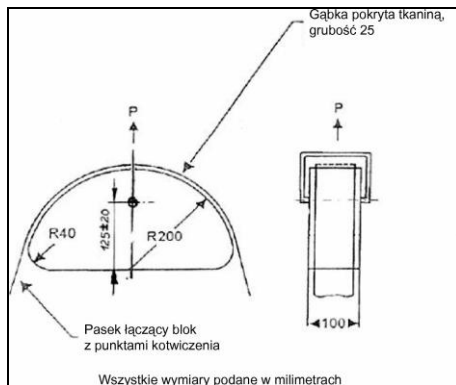
Badanie statyczne foteli autobusowych zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 14 ma na celu sprawdzenie wytrzymałości foteli autobusowych, wytrzymałości zamocowań foteli w autobusie oraz wytrzymałości kotwiczenia pasów bezpieczeństwa do foteli.

Badanie to polega na przyłożeniu sił o określonych wartościach (zgodnie z punktem 6.4) do odcinka piersiowego i biodrowego pasów bezpieczeństwa (w przypadku wyposażenia fotela w 3-punktowe pasy bezpieczeństwa) lub tylko do odcinka biodrowego (w przypadku wyposażenia fotela w 2-punktowe pasy bezpieczeństwa).

Siły badawcze do poszczególnych odcinków pasów bezpieczeństwa przykłada się za pośrednictwem „urządzeń trakcyjnych” zgodnych z załącznikiem 5 Regulaminu EKG ONZ nr 14:

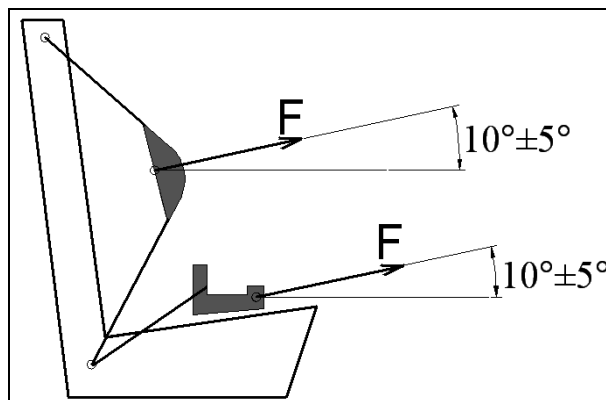


Rys. 1. Urządzenie trakcyjne do przyłożenia obciążenia badawczego do odcinka biodrowego pasów bezpieczeństwa



Rys. 2. Urządzenie trakcyjne do przyłożenia obciążenia badawczego do odcinka piersiowego pasów bezpieczeństwa

Do poszczególnych odcinków pasów bezpieczeństwa przykładają się obciążenia badawcze w sposób pokazany na poniższym rysunku:



Rys. 3. Badanie wytrzymałości foteli autobusowych zgodnie z wymaganiami Regulaminu EGKG ONZ nr 14

Wartości sił badawczych foteli autobusów kategorii M3, zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 14, przewidziane do badania foteli autobusów, w których przynajmniej jeden punkt kotwienia pasów bezpieczeństwa jest związany z konstrukcją fotela wynoszą odpowiednio:

Tab. 1. Wartości sił badawczych przykładanych do foteli autobusów kategorii M3

Rodzaj pasów bezpieczeństwa fotela autobusowego	Wartość siły badawczej [daN] zgodnie z punktem 6.4	
	Odcinek biodrowy	Odcinek piersiowy
<u>3-punktowe</u>	450±20 + 6,6 x mf	450±20
<u>2-punktowe</u>	740±20	-

Dla autobusów kategorii M2:

Tab. 2. Wartości sił badawczych przykładanych do foteli autobusów kategorii M2

Rodzaj pasów bezpieczeństwa fotela autobusowego	Wartość siły badawczej [daN] zgodnie z punktem 6.4	
	Odcinek biodrowy	Odcinek piersiowy
<u>3-punktowe</u>	675±20 + 10 x mf	675±20
<u>2-punktowe</u>	1110±20	-

Gdzie: mf – siła odpowiadająca masie badanego fotela

Zgodnie z punktem 6.3 Regulaminu EKG ONZ nr 14, kotwienia pasów bezpieczeństwa muszą wytrzymać określone obciążenia przez przynajmniej 0,2 s a obciążenie powinno być przyłożone możliwie najszybciej.

Zgodnie z punktem 7.1.1 Regulaminu EKG ONZ nr 14, przemieszczenie górnego skutecznego punktu kotwienia pasów bezpieczeństwa w czasie testu statycznego nie powinno przekroczyć płaszczyzny poprzecznej przechodzącej przez punkt R fotela i nachylonej pod kątem 10° w przód.

Podczas badań homologacyjnych na zgodność z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 14, fotele powinny zamontowane być w nadwoziu lub fragmencie nadwozia autobusu w sposób identyczny jak w kompletnym pojeździe. Podczas badania foteli zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 14, nie jest wymagana tapicerka fotela.



Rys. 4. Badanie foteli zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 14

b) Badanie dynamiczne foteli autobusowych zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 80

Podczas badania dynamicznego foteli autobusowych zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 80 sprawdza się czy fotele nie stwarzają nadmiernego niebezpieczeństwa dla pasażerów autobusu podczas wypadku.

Do realizacji badania wymagane jest zamocowanie na podłodze autobusu lub platformie badawczej, fotela pomocniczego (na którym siedzi manekin badawczy) oraz fotela badanego. Fotel pomocniczy znajduje się za fotelem badanym. Wzajemna odległość fotela pomocniczego i badanego powinna wynosić 750mm. Badany fotel musi być wyposażony w tapicerkę oraz inne urządzenia dodatkowe w które wyposażony jest fotel.

Realizacja badania dynamicznego foteli autobusowych jest podzielona na dwa etapy. W pierwszym etapie wykonuje się test dynamiczny, podczas którego manekin badawczy, siedzący na fotelu pomocniczym nie jest przypięty pasami bezpieczeństwa i uderza w tył oparcia fotela badanego. W drugim etapie zaś manekin jest przypięty pasami bezpieczeństwa.

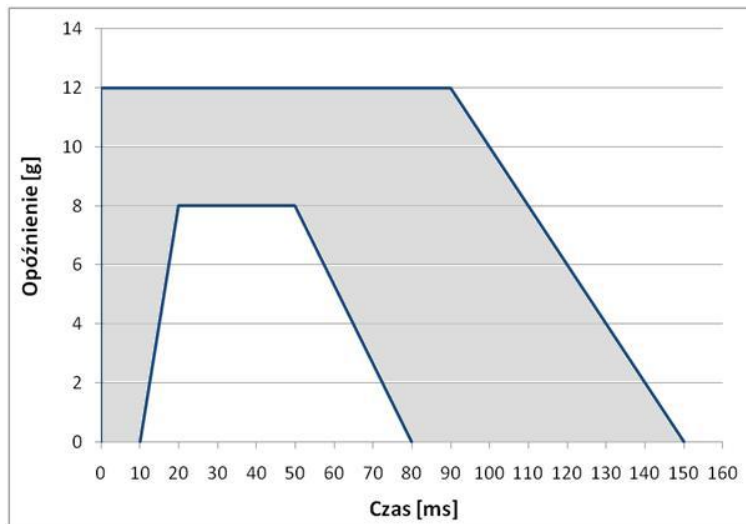
Manekinem badawczym jest manekin dorosłego mężczyzny typu Hybrid II, 50 centylowy lub Hybrid III, 50 centylowy.



Rys. 5. Manekiny badawcze typu Hybrid III, 50 centylowe

Pokazany na powyższym rysunku manekin dorosłego mężczyzny typu Hybrid III 50 centylowy został stworzony w Stanach Zjednoczonych w laboratorium General Motors. Zaprojektowany został do pomiaru sił, momentów, przyspieszeń i odkształceń w zderzeniach czołowych.

Badanie dynamiczne foteli autobusowych zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 80 polega na rozpędzeniu foteli wraz z manekinem badawczym siedzącym na fotelu pomocniczym do prędkości (30÷32) km/h a następnie wyhamowaniu z określonym opóźnieniem:



Rys. 6. Zakres wymaganego opóźnienia do badania foteli zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 80

Podczas obu etapów dynamicznego badania foteli autobusowych zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 80 dokonuje się następujących pomiarów:

- opóźnienia w głowie manekina
- opóźnienia w torsie manekina
- sił ściskających w kościach udowych manekina
- przemieszczenia manekina badawczego

Badany fotel uznaje się za zgodny z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 80 jeśli spełnione są następujące wymagania:

Tab. 3. Wymagania Regulaminu EKG ONZ nr 80

Wymóg	Wartość dopuszczalna
Przemieszczenie tułowia oraz głowy manekina do przodu względem fotela pomocniczego	< 1,6 m
Kryterium urazu głowy HIC	< 500
Kryterium urazu klatki piersiowej ThAC	< 30 g z wyjątkiem okresów trwających krócej niż 3 ms
Kryterium urazu kości udowej FAC	< 10 kN, wartość 8 kN nie jest przekroczona w okresach dłuższych niż 20 ms

Opóźnienia w głowie i torsie manekina badawczego rejestrowane są w trzech prostokątnych kierunkach. Powyższe wartości dotyczą opóźnienia wypadkowego, obliczanego zgodnie z poniższym wzorem:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (1)$$

gdzie:

- a_x – opóźnienie mierzone w kierunku poruszania się manekina
- a_y - opóźnienie mierzone w kierunku poprzecznym do kierunku poruszania się manekina
- a_z - opóźnienie mierzone w kierunku pionowym

Kryterium urazu głowy HIC oblicza się na podstawie zarejestrowanego opóźnienia wypadkowego zgodnie z następującym wzorem:

$$HIC = \left\{ \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \right\}_{max} \quad (2)$$

gdzie:

- $a(t)$ – opóźnienie wypadkowe głowy manekina
- $(t_2 - t_1)$ – przedział czasu, w którym działa opóźnienie

Na poniższych rysunkach przedstawiono przykładowe badanie foteli zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 80. Na kolejnych rysunkach przedstawiono maksymalne przemieszczenia manekina badawczego podczas badania foteli, które mogą być wyposażone w 2-punktowe i 3-punktowe pasy bezpieczeństwa:



Rys. 7. Test foteli wyposażonych w 2-punktowe pasy bezpieczeństwa – manekin przypięty pasami



Rys. 8. Test foteli wyposażonych w 3-punktowe pasy bezpieczeństwa – manekin przypięty pasami



Rys. 9. Test foteli, które mogą być wyposażone w 2-punktowe i 3-punktowe pasy bezpieczeństwa – manekin nie przypięty pasami

Analizując sposób uderzenia głowy manekina przypiętego za pomocą 2-punktowych i 3-punktowych pasów bezpieczeństwa w tylną część oparcia fotela przed manekinem, a w szczególności zgięcie szyi manekina badawczego podczas uderzeń – zasadne jest, z punktu widzenia bezpieczeństwa, wyposażanie foteli autobusowych w pasy bezpieczeństwa 3-punktowe. Pasy bezpieczeństwa 3-punktowe (w porównaniu z pasami bezpieczeństwa 2-punktowymi) skuteczniej przytrzymują zwłaszcza górną część tułowia manekina, zmniejszając przemieszczenie głowy manekina badawczego. Mniejsza jest również prędkość głowy manekina w chwili uderzenia w tylną część oparcia fotela poprzedzającego. Pasy bezpieczeństwa 3-punktowe skuteczniej chronią pasażerów autobusu przed skutkami wypadku w porównaniu z ochroną zapewnianą przez pasy bezpieczeństwa 2-punktowe.

5. BEZPIECZEŃSTWO DZIECI W AUTOBUSACH

Istniejące obecnie przepisy prawne nakazują przewożenie dzieci do 12 roku życia i 150 cm wzrostu w samochodach osobowych z wykorzystaniem dziecięcych urządzeń przytrzymujących (np. w fotelikach dziecięcych). Nie istnieją jednak w Polsce jak i większości krajów Europejskich przepisy, nakazujące przewożenie dzieci w autobusach z wykorzystaniem takich urządzeń.

Zadaniem dziecięcych urządzeń przytrzymujących jest zapewnienie odpowiedniego przebiegu taśm 3-punktowych pasów bezpieczeństwa względem ciała dziecka. Przebieg standartowych 3-punktowych pasów bezpieczeństwa jest nieodpowiedni dla dziecka o wzroście poniżej 150 cm. Odcinek piersiowy 3-punktowych pasów bezpieczeństwa przystosowanych dla osób dorosłych przebiega w okolicy głowy i szyi dziecka, co stwarza duże niebezpieczeństwo odniesienia poważnych obrażeń dziecka podczas wypadku drogowego. Taśma odcinka piersiowego 3-punktowych pasów bezpieczeństwa podczas wypadku wcina się w szyję dziecka, siedzącego na fotelu autobusowym bez dziecięcego urządzenia przytrzymującego, narażając go na poważne urazy szyi i górnego odcinka kręgosłupa.



Rys. 10. Przebieg 3-punktowych pasów bezpieczeństwa względem ciała dziecka (na fotografii manekin dziecka 3-letniego o masie 15 kg)

W przemysłowym Instytucie Motoryzacji powstał fotel, zapewniający prawidłowy przebieg taśm 3-punktowych pasów bezpieczeństwa (przystosowanych dla osób dorosłych) – do wzrostu dziecka. Fotel, będący przedmiotem zgłoszenia patentowego wyposażony jest w mechanizm znajdujący się wewnątrz oparcia fotela. Zastosowanie mechanizmu umożliwia w bardzo szybki sposób dostosowanie przebiegu taśm 3-punktowych pasów bezpieczeństwa do wzrostu przewożonej osoby (do wzrostu dziecka).



Rys. 11. Fotel wyposażony w 3-punktowy pas bezpieczeństwa i mechanizm przeznaczony do dostosowania przebiegu taśm pasów bezpieczeństwa do wzrostu dziecka (na fotografii manekin dziecka 3-letniego o masie 15 kg)



Rys. 12. Fotel wyposażony w 3-punktowy pas bezpieczeństwa i mechanizm przeznaczony do dostosowania przebiegu taśm pasów bezpieczeństwa do wzrostu dziecka (na fotografii manekin dziecka 6-letniego o masie 22 kg)

6. PODSUMOWANIE

Bezpieczeństwo pasażerów autobusu w dużej mierze zależy od sztywności foteli a w szczególności od rodzaju pasów bezpieczeństwa. Bardzo ważna jest, z punktu widzenia bezpieczeństwa, odpowiednia sztywność oparcia fotela. Oparcie fotela pełni rolę przytrzymania ciała pasażera za pośrednictwem pasów bezpieczeństwa w czasie wypadku stąd posiadać musi dużą sztywność. Z drugiej strony, oparcie fotela posiadać musi określoną podatność, celem pochłonięcia energii ruchu ciała pasażera, zmniejszając ryzyko odniesienia poważnych uszkodzeń ciała na skutek dużych przeciążeń wynikających ze sztywności oparcia fotela zarówno tego, na którym siedzi pasażer jak i znajdującego się bezpośrednio przed pasażerem w które może uderzyć w czasie wypadku.

Bardzo dużą rolę w kontekście bezpieczeństwa pasażerów autobusu a czasie wypadku odgrywają pasy bezpieczeństwa. Pasażer nie przypięty za pomocą pasów bezpieczeństwa jest dużym zagrożeniem dla bezpieczeństwa osób znajdujących się przed nim w czasie wypadku czołowego autobusu. Pasy bezpieczeństwa 3-punktowe w znacznie lepszy sposób chronią pasażerów autobusu podczas wypadku w stosunku do pasów 2-punktowych. Zaletą stosowania pasów bezpieczeństwa 3-punktowych w stosunku do pasów 2-punktowych jest znacznie lepsza ochrona głowy i górnego odcinka kręgosłupa.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Regulamin nr 14 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) — Jednolite przepisy dotyczące homologacji pojazdów w odniesieniu do kotwiczeń pasów bezpieczeństwa, systemów kotwiczenia ISOFIX i kotwiczeń górnego paska mocującego ISOFIX
- [2] Regulamin nr 80 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) — Jednolite przepisy dotyczące homologacji siedzeń dużych pojazdów pasażerskich oraz tych pojazdów w zakresie wytrzymałości siedzeń i ich mocowań
- [3] Badania własne PIMOT