

ANALIZA SIŁ DZIAŁAJĄCYCH W TAŚMACH PASÓW PODTRZYMUJĄCYCH DZIECKO W FOTELIKU BEZPIECZEŃSTWA

ANDRZEJ MUSZYŃSKI¹, PAWEŁ TRZASKA², JERZY WICHER³

Przemysłowy Instytut Motoryzacji

ŁUKASZ MAZURKIEWICZ⁴

Wojskowa Akademia Techniczna

Streszczenie

W artykule przedstawiono najważniejsze spostrzeżenia dotyczące właściwej eksploatacji fotelików bezpieczeństwa dla dzieci, ze szczególnym uwzględnieniem taśm stanowiących ważny element systemu mocowania dziecka. Zwrócono uwagę na prawidłowe położenie i wstępny naciąg taśm mocujących dziecko oraz najczęściej występujące nieprawidłowości eksploatacyjne. Przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych taśm o przekroju: 25,4 x 1,56 mm (pasy wąskie) i 38,6 x 1,23 mm (pasy szerokie). Badano przebiegi i rozkład sił w pasach barkowych i biodrowych przytrzymujących manekin dziecka o masie 15kg. Użyto dwóch rodzajów fotelików bezpieczeństwa, zwanych dalej Fotelik 1 i Fotelik 2. Symulację zderzenia samochodu uzyskano w wyniku hamowania wózka pomiarowego z prędkości 50-52 km/h osiągającego opóźnienie 28g. Przeprowadzono analizę rozkładu sił w pasie barkowym i biodrowym manekina. Stwierdzono, że rozkład tych sił zależy od rozwiązania konstrukcyjnego fotelika. Przedstawione wyniki badań i wykresy wskazują na możliwość oceny efektywności fotelików w fazie zderzenia samochodu.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo bierne, samochodowe foteliki bezpieczeństwa; taśmy pasów bezpieczeństwa

1. Wstęp

Pasy bezpieczeństwa są najskuteczniejszym znanym środkiem ratującym ludzkie życie podczas wypadku drogowego. Z przeprowadzonych badań i informacji podawanych w wielu różnych publikacjach wynika, że stosowanie pasów redukuje liczbę śmiertelnych

¹ Przemysłowy Instytut Motoryzacji, ul. Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa, e-mail: a.muszynski@pimot.eu, tel.+ 48 22 777 70 15

² Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Laboratorium Bezpieczeństwa Pojazdów, ul. Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa, e-mail: p.trzaska@pimot.eu, tel. 22 7777 143

³ Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Laboratorium Bezpieczeństwa Pojazdów, ul. Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa, e-mail: j.wicher@pimot.eu, tel. 22 7777 165

⁴ Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, e-mail: lmazurkiewicz@wat.edu.pl, tel. 22 683 96 83

i ciężkich obrażeń o około 50% na przednich siedzeniach i o około 25% na tylnych siedzeniach samochodów podczas wypadków drogowych [9]. Dzieci powinny być przewożone w dostosowanych do wieku, masy ciała i wzrostu, fotelikach bezpieczeństwa.

Foteliki bezpieczeństwa powinny być instalowane w taki sposób, aby mogły wypełniać swoją funkcję, to jest maksymalnie ograniczać ryzyko poniesienia obrażeń w czasie wypadku. Prowadzone są kampanie społeczne (np. „Ostatni wyskok”, „Zapnij pasy. Włącz myślenie”), których celem jest m.in. ograniczenie tego zjawiska. Niestety z danych Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego wynika, że skutki tych akcji nie są zadawalające. Nadal występują przypadki nieprawidłowego doboru i montażu fotelika w pojeździe oraz niepoprawnie zapiętych pasów bezpieczeństwa. Na przykład wyniki inspekcji przeprowadzonej przez Komendę Miejską Państwowej Straży Pożarnej i Policję w sierpniu 2014 w Rybniku pokazały, że tylko 7% kontrolowanych pojazdów (na 71 zbadanych) miało właściwie zamontowane foteliki bezpieczeństwa [4].

Większość dostępnych informacji na temat bezpiecznego przewożenia dzieci w fotelikach bezpieczeństwa dotyczy konstrukcji, użytkowania i mocowania fotelików. Stosunkowo niewiele uwagi poświęca się taśmom pasów bezpieczeństwa mocującym dziecko w foteliku. Taśmy mają bezpośredni związek z możliwością powstania obrażeń, ponieważ bezpośrednio przylegają do ciała dziecka i ważne jest, jakie siły występują w tych taśmach podczas zderzenia.

W artykule omówiono najczęściej występujące nieprawidłowości eksploatacyjne, szczególnie dotyczące prawidłowego położenia i wstępnego naciągu taśm mocujących dziecko. Przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych taśm oraz przebieg zmienności sił w taśmach w symulowanej fazie zderzenia, podczas której wózek pomiarowy hamował do zatrzymania z prędkości 50-52 km/h, osiągając opóźnienie 28 g. Pokazano też wykresy, które mogą być podstawą oceny jakości fotelików ze względu na poprawność rozkładu sił w pasach barkowych i biodrowych.

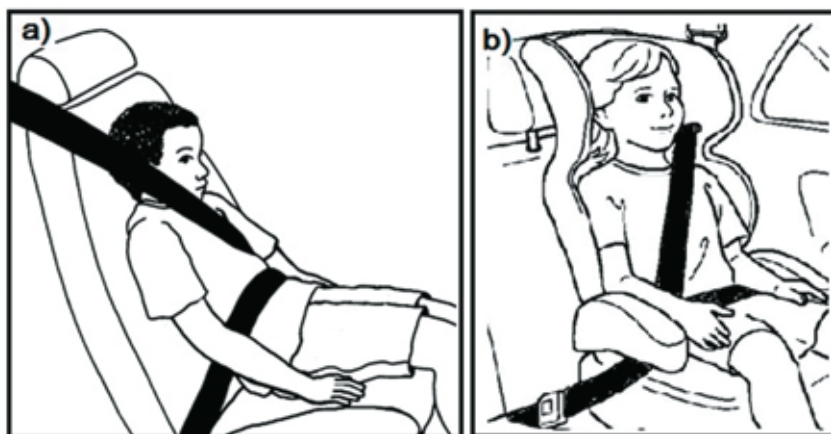
2. Naciąg i ułożenie taśm

Pasy bezpieczeństwa stanowią system składający się z wielu różnych elementów: taśm, zamków, urządzeń regulacji i elementów mocujących. Istotnym elementem tego systemu jest elastyczna taśma, której zadaniem jest bezpieczne przytrzymanie dziecka w foteliku w czasie normalnej jazdy, a szczególnie w czasie wypadku.

Instrukcje dotyczące montażu fotelika powinny opisywać nie tylko sposób jego mocowania w samochodzie, ale również przedstawiać właściwy sposób zabezpieczenia dziecka w foteliku. Ułożenie taśmy pasów bezpieczeństwa powinno zapewniać jak najbardziej równomierne rozłożenie nacisku wywieranego na ciało dziecka, na całej powierzchni taśmy przylegającej do ciała. Niedopuszczalne są jej skręcenia, ponieważ takie ułożenie taśm ma wpływ na wartość miejscowego obciążenia i w efekcie może zwiększać intensywność obrażeń powstających podczas wypadku. Jest to szczególnie ważne podczas zderzenia samochodu z innym obiektem, kiedy na ciało dziecka działają siły bezwładności o dużych

wartościach, przenoszone za pośrednictwem pasów bezpieczeństwa. Problem właściwego umiejscowienia pasów przytrzymujących dziecko w foteliku jest szczegółowo przedstawiony w artykule [12], gdzie Autor wykazuje, że obserwowane obciążenia głowy i torsu silnie zależą od rodzaju i położenia taśmy pasa bezpieczeństwa.

Niekorzystny efekt działania pasa bezpieczeństwa, określany pojęciem „Seatbelt Syndrom” [3], związany jest z faktem, iż starsze dzieci używają pasów bezpieczeństwa zaprojektowanych przede wszystkim dla dorosłych pasażerów. Zbyt małe napięcie wstępne może być przyczyną zsunięcia pasa bezpieczeństwa z ramienia dziecka. Często występuje nieprawidłowe ułożenie taśmy pasa barkowego w pobliżu szyi dziecka (rys.1a), które może powodować powstanie obrażeń w postaci sińców i otarć naskórka oraz wybroczyn krwotocznych w okolicy obojczyka. Pas biodrowy powinien leżeć nisko na biodrach. Jeżeli ułożony jest wyżej i uciska brzuch dziecka, to podczas wypadku może spowodować obrażenia narządów jamy brzusznej [5]. Wymagania te są zawarte w Regulaminie 44 ECE [8], w którym jest napisane, że taśmy dla dzieci nie mogą wywierać nadmiernego ucisku na brzuch i podbrzusze. Taśma musi pozostać na miednicy i nie może przemieścić się na brzuch we wszystkich warunkach, łącznie ze zderzeniem i wywróceniem samochodu. Prawidłowe ułożenie pasa barkowego i biodrowego ułatwia odpowiednie ukształtowanie fotelika bezpieczeństwa (t.zw. „booster”) (rys.1b).



Rys.1. a) Pas barkowy ułożony zbyt blisko szyi dziecka; b) Odpowiednie ukształtowanie fotelika ułatwiające właściwe położenie pasów bezpieczeństwa

Taśmy są elastyczne i mają zdolność rozpraszania energii. Im ciaśniej przylegają do ciała dziecka w czasie normalnej jazdy, tym mniejsze będą w czasie kolizji obciążenia działające na ciało dziecka oraz ruchy organów wewnętrznych względem otaczających je struktur kostnych. Naciąg pasów powinien jednak zapewnić nie tylko bezpieczeństwo, ale też odpowiedni komfort dziecka.

Producent BeSafe radzi, aby pomiędzy dzieckiem a taśmą zachować luz nie większy niż

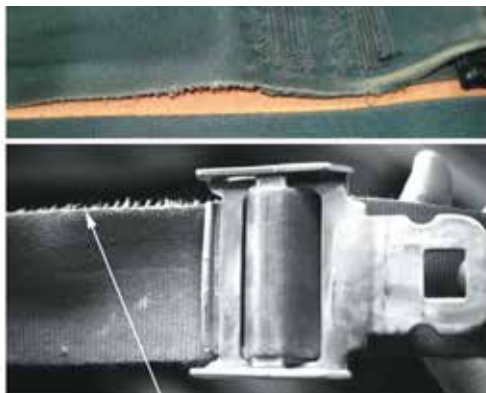
szczelina pozwalająca na włożenie dwóch palców. Ostrzejsze wymagania stawia producent fotelików marki Maxi Cosi, zalecając, aby pomiędzy taśmą a ciałem dziecka nie było więcej miejsca niż 1 cm, co odpowiada możliwości włożenia jednego palca pod taśmę. Firma Britax zaleca, aby taśma była napięta tak mocno, żeby nie dało się wykonać tzw. testu „skubnięcia” („pinch test”) taśmy barkowej.

Taśma pasa bezpieczeństwa współpracuje z elementami sztywnymi (zamki, urządzenia regulacji, elementy mocujące), które w niewłaściwej konfiguracji mogą powodować obniżenie wytrzymałości doraźnej i zerwanie taśmy podczas kolizji. Zawinięcia taśmy wynikające z niestarannego użytkowania pasów (rys.2) mogą być przyczyną zerwania nawet nowej taśmy. Ponadto mogą utrudniać swobodne przemieszczanie się taśmy podczas zapinania pasów, a tym samym właściwe jej ułożenie i napięcie.



Rys.2. Zawinięte taśmy pasów bezpieczeństwa [2]

Nowe taśmy mają obrębną krawędź, która zapobiega strzępieniu się w trakcie użytkowania. Jeżeli wystąpią strzępienia taśmy (rys.3), to należy ją wymienić na nową.



Rys.3. Przykłady strzępienia taśmy

Oslabienie taśmy może wystąpić również wskutek działania środków chemicznych, niewłaściwej temperatury lub oddziaływania światła słonecznego. Dlatego taśmy poddawane są różnego rodzaju zabiegom mającym na celu zagwarantowanie, że posiadają oczekiwane własności mechaniczne i eksploatacyjne, czyli tzw. kondycjonowaniu. Polega ono na poddawaniu taśmy działaniu niskiej i wysokiej temperatury, światła, wody. Stosuje się też kondycjonowanie przez ścieranie przeprowadzane na różnych urządzeniach, w których taśma pasa styka się ze sztywną częścią innych elementów. Po kondycjonowaniu przeprowadza się badanie wytrzymałości taśmy na zerwanie (badanie statyczne) [7].

3. Badania wytrzymałościowe taśm

Taśmy pasów bezpieczeństwa wykonywane są z włókien poliestru, poliamidu lub polipropylenu. Czasami są wzbogacone poprzecznymi warstwami włókien usztywniających pas.

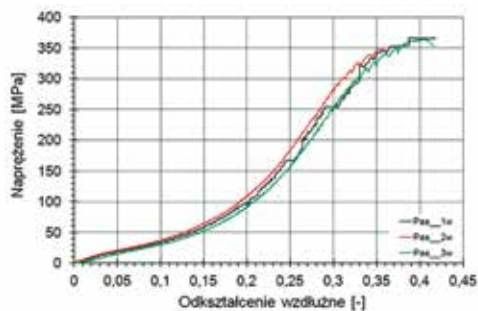
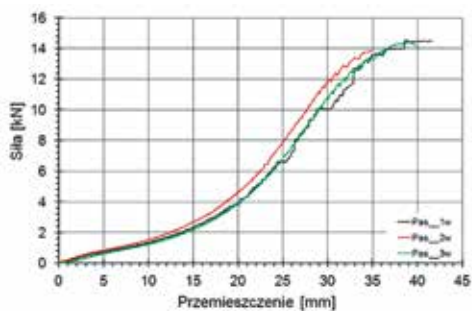
Badanie wytrzymałości taśmy na zerwanie wykonuje się zgodnie z wymaganiami Regulaminu 16 EKG/ONZ [7]. Taśmę umieszcza się w zaciskach maszyny do badania na rozciąganie, wykonanych w sposób, który zapewnia uniknięcie możliwości zerwania taśmy na wysokości zacisku lub w jego bliskości. Szybkość rozciągania powinna wynosić ok. 100 mm/min. Długość odcinka próbki taśmy między zaciskami maszyny na początku badania powinna wynosić $200 \text{ mm} \pm 40 \text{ mm}$. Kiedy obciążenie osiągnie wartość 980 daN, mierzy się szerokość taśmy bez zatrzymywania maszyny. Następnie naciąg zostaje zwiększony, aż do zerwania taśmy, a wówczas zapisuje się wartość obciążenia zrywającego. Obciążenie zrywające taśmy nie może być mniejsze niż 1470 daN. Różnica między obciążeniami zrywającymi dwóch próbek nie może przekraczać 10% większego zmierzonego obciążenia zrywającego. Różnica między wytrzymałością na zerwanie dwóch próbek nie może przekraczać 20% większej zmierzonej wartości wytrzymałości na zerwanie.

Szczegóły prezentowanych poniżej wyników badania wytrzymałości taśm pasów bezpieczeństwa przedstawione są w [1]. Do quasi-statycznego osiowego rozciągania próbek taśm wykorzystano maszynę wytrzymałościową Instron 8802 (rys. 4).

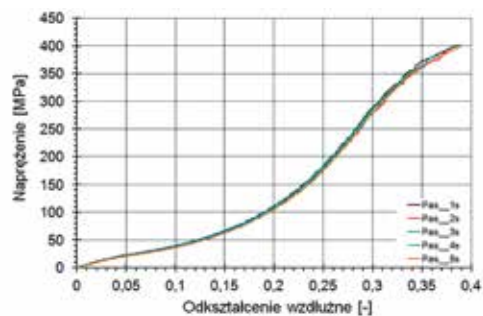
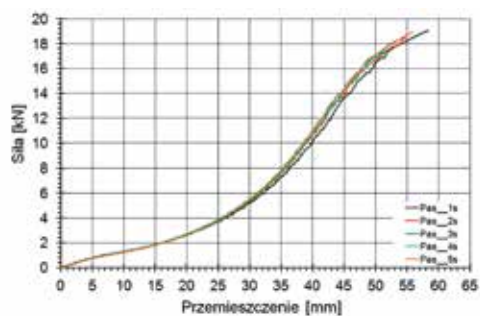
Badaniom poddano trzy próbki pasów o przekroju: $25,4 \times 1,56 \text{ mm}$ (pasy wąskie) oraz pięć próbek pasów o przekroju $38,6 \times 1,23 \text{ mm}$ (pasy szerokie). Próbki poddane były quasi-statycznemu osiowemu rozciąganiu aż do zerwania. Przemieszczenie tłoka maszyny wytrzymałościowej wynosiło 100 mm/min. Mierzono zmianę odległości pomiędzy znacznikami narysowanymi na próbkach i na podstawie zarejestrowanych wartości wykonano wykresy siła-przemieszczenie i naprężenie-odkształcenie.



Rys. 4. Sposób mocowania pasów na stanowisku pomiarowym maszyny wytrzymałościowej Instron 8802



Rys. 5. Wykresy z prób rozciągania dla pasów wąskich



Rys. 6. Wykresy z prób rozciągania dla pasów szerokich

Przebieg charakterystyk przedstawionych na rys.5 (pasy wąskie) i rys.6 (pasy szerokie) pokazuje, że sztywności badanych taśm przy małych wartościach obciążenia i naprężenia są prawie dwukrotnie mniejsze od sztywności wykazywanych przez te taśmy po osiągnięciu obciążenia stanowiącego 50% wytrzymałości doraźnej (obciążenia zrywającego).

Średnie wartości wyników pomiarów dla wszystkich pasów przedstawione są w tabeli 1.

Tabela.1. Wyniki badań wytrzymałościowych

| Średnie wartości wielkości mierzonych | Pasy wąskie | Pasy szerokie |
|--|--------------------|----------------------|
| Siła maksymalna (zrywająca) | 1425 daN | 1853 daN |
| Wytrzymałość na rozciąganie | 356,9 MPa | 390,7 MPa |
| Odkształcenia niszczące ^a | 38,9 % | 37,6 % |

^a - wydłużenie odcinka pomiarowego w %

Zgodnie z Regulaminem16 EKG/ONZ [7] obciążenie zrywające taśmy nie może być mniejsze niż 1470 daN. Jak wynika z danych przedstawionych w tab.1 warunek ten jest spełniony przez wszystkie badane próbki pasów szerokich. Natomiast średnia wartość siły zrywającej pasów wąskich, wynosząca 1425 daN, jest nieco mniejsza od wartości 1470 daN wymaganej przez Regulamin16 EKG/ONZ (jest to 97% wymaganej siły zrywającej).

4. Badanie sił w taśmach pasów bezpieczeństwa

Celem badań było wyznaczenie charakterystyk obrazujących zmienność sił występujących w taśmach pasów bezpieczeństwa, przytrzymujących manekin dziecka w fotelikach bezpieczeństwa dla dzieci, generowanych przez opóźnienie wózka pomiarowego w fazie zderzenia.

Pomiar sił w pasach bezpieczeństwa wykonano na stanowisku do badań zderzeniowych AB-554 w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji w Warszawie.

W foteliku posadowiony był manekin dziecka o masie 15kg. Foteliki przymocowane były do kanapy samochodowej za pomocą zaczepów ISOFIX z siłą 25 daN (zgodnie z REG 44 EKG/ONZ)

Ogólny widok wózka pomiarowego przygotowanego do badań przedstawia rys.7.



Rys. 7. Ogólny widok manekina dziecka posadowionego w foteliku bezpieczeństwa przymocowanym do kanapy samochodowej, połączonej sztywno z wózkiem pomiarowym

Wykonano 3 testy. W pierwszym manekin dziecka posadowiony był w Foteliku 1. W drugim teście użyto Fotelika 2. Trzeci test był powtórzeniem testu drugiego, ale Fotelik 2 był zdjęty i ponownie przymocowany do kanapy samochodowej, co umożliwiło zbadanie wpływu czynności mocowania.

Fotelik 1 to tani typowy fotelik dziecięcy z dolnego przedziału cenowego, natomiast Fotelik 2 był jednym z droższych na rynku produktem. Charakteryzowała je różna sztywność konstrukcji, (szczególnie boczna) wynikająca z kształtu samej wypraski fotelika wykonanej z tworzywa sztucznego. W foteliku 1, w miejscu gdzie dochodzi do koncentracji naprężeń, przekrój wypraski został osłabiony ze względu na konieczność zastosowania odpowiednich przelotów dla pasów krzyżowych. Fotelik 2 miał znacznie sztywniejszą konstrukcję, np. posiadał w górnej części siedziska element wzmacniający w postaci stalowego płaskownika.

Wózek pomiarowy wraz ze sztywno przymocowaną kanapą samochodową po rozpędzeniu do prędkości 52km/h (test 1 i 2) oraz 50 km/h (test 3) był gwałtownie hamowany do zatrzymania z maksymalnym przyspieszeniem ujemnym (opóźnieniem) 28g (g – przyspieszenie ziemskie). Wszystkie testy były filmowane za pomocą kamery do szybkich zdjęć. Jednocześnie rejestrowano przebieg opóźnienia wózka pomiarowego. Korzystając z markerów czasu, wybrano klatki filmu obrazujące położenie fotelika i manekina dziecka w chwili, w której wystąpiły największe przemieszczenia. Maksymalne przemieszczenia manekina w fazie gwałtownego hamowania przedstawione są na rys. 8.

Przemieszczenie Fotelika 1 (test 1) było wyraźnie większe od przemieszczenia Fotelika 2 (test 2 i 3), mimo podobnego mocowania obu fotelików (we wszystkich testach stosowano



Rys.8. Maksymalne przemieszczenia manekina podczas testów (kadry z filmu). Test 1 –Fotelik 1. Test 2 i 3 – Fotelik 2

zaczepy ISOFIX) oraz takich samych parametrów przeprowadzenia eksperymentu. Oznacza to, że maksymalne przemieszczenie fotelika z manekinem względem kanapy samochodowej zależy głównie od konstrukcji fotelika. Potwierdzeniem tego spostrzeżenia są wyniki testów 2 i 3, w których maksymalne przemieszczenia tego samego Fotelika 2 było praktycznie takie samo.

Dokładniejsza analiza wyników pomiarów wykazała też, że maksymalne opóźnienie wózka i maksymalne przemieszczenie manekina nie występują jednocześnie. W przypadku Fotelika 1 (Test 1 na rys. 8) maksymalne przemieszczenie manekina opóźniło się o ok. 10 ms w stosunku do maksymalnego opóźnienia wózka pomiarowego. W przypadku Fotelika 2 opóźnienia te były większe i wynosiły odpowiednio ok. 40 ms w Teście 2 i ok. 30 ms w Teście 3 (rys.8). Wyniki te wskazują na następującą prawidłowość: maksymalne przemieszczenie manekina opóźnia się bardziej w przypadku sztywniejszego mocowania fotelika do kanapy samochodowej.

Podczas testów rejestrowane były siły w górnej (barkowej) i dolnej (biodrowej) części taśmy pasa piersiowego. Położenie czujników siły przedstawione jest na rys. 9.

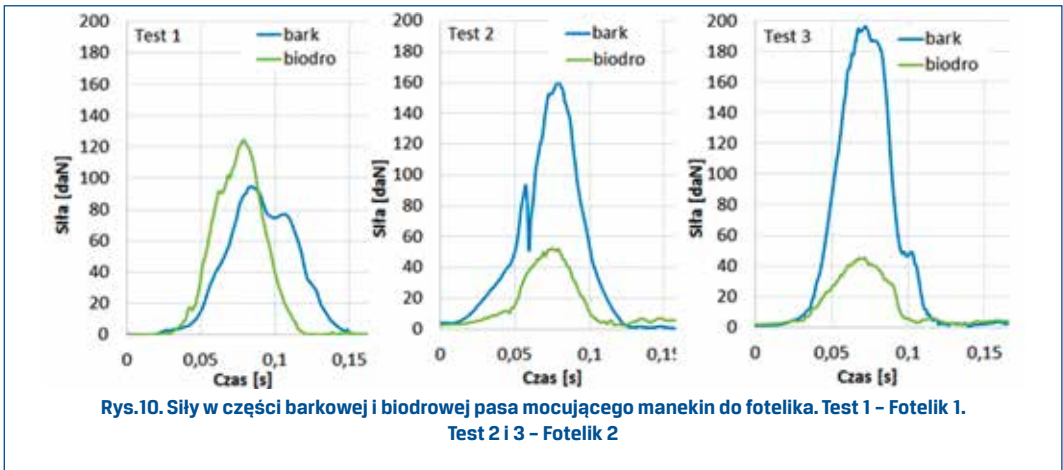


Rys.9. Widok czujników do pomiaru sił w barkowej i biodrowej części pasa mocującego manekina do fotelika

Napinanie zintegrowanych pasów bezpieczeństwa, w celu ustalenie właściwego luzu pomiędzy dzieckiem a pasami, było różne w obu badanych fotelikach. W foteliku 1 ściągane były górne pasy barkowe, natomiast w Foteliku 2 – dolne pasy biodrowe. Ponadto w foteliku 2 występowało automatycznie regulowane położenie dolnego pasa w okolicy krocza dziecka (chodzi o pas, który jest bezpośrednio połączony z klamrą spinającą – elementem zatraskowym). Natomiast Fotelik 1 nie posiadał takiej regulacji.

Siły w pasach mocujących manekin do fotelika są generowane przez siłę bezwładności powstającą podczas hamowania wózka pomiarowego. Siła ta ma kierunek wzdłużny (oś X; kierunek jazdy samochodu). Siła bezwładności równoważona jest głównie przez siły w taśmach pasa bezpieczeństwa (mniejsze znaczenie ma tarcie manekina o siedzisko).

Na rys. 10 pokazano przebieg zmienności siły w części barkowej i biodrowej pasa mocującego manekin do fotelika. Wszystkie wykresy są przedstawione w tej samej skali, co ułatwia analizę porównawczą.



W zależności od rodzaju fotelika rozłożenie sił w taśmie pasa mocującego manekin do fotelika jest różne. Na podstawie kadrów z filmu przedstawionych na rys. 8 można przewidywać, że maksymalna siła w pasie barkowym Fotelika 1 powinna być mniejsza niż w pasie barkowym Fotelika 2, ponieważ podatność mocowania Fotelika 1 jest większa (większe przemieszczenie). Przewidywanie to potwierdzają wykresy przedstawione na rys. 10 oraz dane przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Wartości maksymalne sił w części barkowej i biodrowej pasa mocującego manekin do fotelika

| | Test 1 (Fotelik 1) | Test 2 (Fotelik 2) | Test 3 (Fotelik 2) |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Pas barkowy | 94,44 daN | 157,37 daN | 196,53 daN |
| Pas biodrowy | 124,33 daN | 49,76 daN | 43,5 daN |

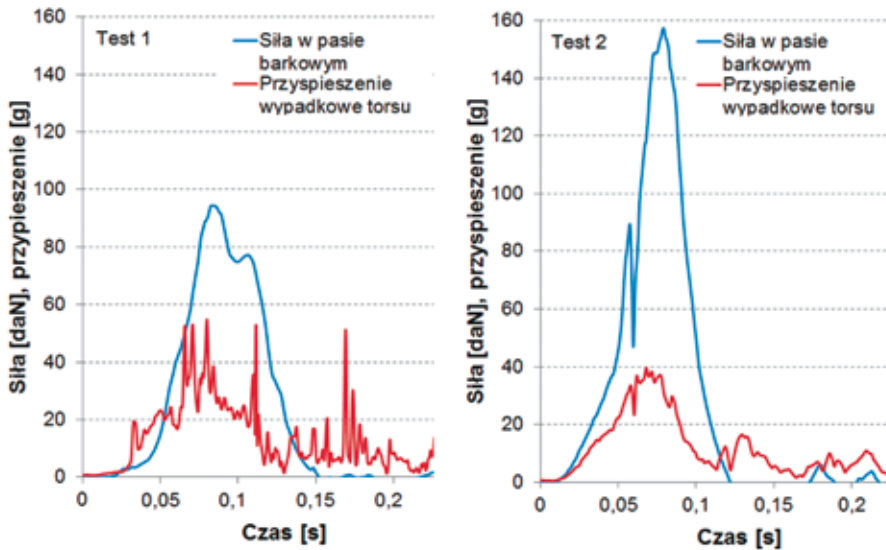
Maksymalna wartość siły w pasie barkowym Fotelika 1 wynosi nieco ponad 90 daN, podczas gdy maksymalna wartość siły w pasie barkowym Fotelika 2 wynosi ok. 158 daN i ok. 196 daN, czyli jest znacznie większa (dla takich samych obciążeń wymuszających). Odwrotny trend można zauważyć w przypadku analizowania maksymalnej wartości siły generowanej w pasie biodrowym. Powstaje zatem pytanie: które rozwiązanie jest bardziej korzystne dla dziecka posadowionego w tych fotelikach? Warto zwrócić uwagę na fakt, iż siły generowane w pasie barkowym i pasie biodrowym Fotelika 1 są porównywalne, a ich wartości maksymalne nie osiągają poziomu maksymalnej siły w pasie barkowym Fotelika 2. Zatem ryzyko kontuzji dziecka posadowionego w Foteliku 1 powinno być mniejsze. Ponadto niekorzystny jest fakt, iż siły generowane w pasach barkowym i biodrowym Fotelika 2 znacznie się różnią: wartości sił w części barkowej pasa w Foteliku 2 są 3 do 5-krotnie większe od sił w części biodrowej.

Największe wartości zarejestrowanych sił nie przekraczają 200 daN. Zgodnie z wynikami badań pasów bezpieczeństwa, przedstawionymi w tabeli 1, stanowi to ok. 14% maksymalnej średniej siły przenoszonej przez badane pasy wąskie i ok. 11% maksymalnej średniej siły przenoszonej przez badane pasy szerokie. Zatem zerwanie pasa jest mało prawdopodobne.

W testach mierzono przyspieszenie (opóźnienie) torsu manekina w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach osi X, Y, Z. Układ współrzędnych XYZ usytuowany był w następujący sposób: oś X – w kierunku ruchu wózka pomiarowego (poziomo); oś Y – prostopadle do kierunku ruchu wózka pomiarowego (poziomo); oś Z – prostopadle do płaszczyzny XY (pionowo). Przyspieszenie wypadkowe wyznaczono jako pierwiastek z sumy kwadratów wartości przyspieszeń X, Y, Z.

W typowych badaniach fotelików bezpieczeństwa z reguły mierzy się przebieg przyspieszenia działającego na tors manekina. Wykonanie pomiaru jest łatwe, ponieważ manekiny są najczęściej standardowo wyposażone w odpowiednie czujniki. Natomiast pomiar sił w pasach bezpieczeństwa wymaga specjalnego przygotowania stanowiska. Powstaje pytanie czy można, na podstawie przebiegu zarejestrowanego przyspieszenia torsu manekina, ocenić siłę generowaną w pasie barkowym?

Na rys. 11 pokazano przebieg zmienności siły w części barkowej pasa mocującego manekin do fotelika oraz przyspieszenie wypadkowe torsu manekina. Test 1 dotyczy Fotelika 1, test 2 - Fotelika 2. Przebiegi zarejestrowanego przyspieszenia torsu manekina w obu testach były jakościowo i ilościowo podobne: maksymalna wartość wynosiła ok. 40 g i występowała w przedziale czasowym (0,05-0,1) s.



Rys. 11. Siły w części barkowej i przyspieszenie wypadkowe torsu manekina. Test 1 –Fotelik 1. Test 2 –Fotelik 2

Jak wynika z wykresów przedstawionych na rys. 11 największe wartości siły w części barkowej i największe wartości przyspieszenia wypadkowego torsu manekina występują w zasadzie w tym samym przedziale czasowym, aczkolwiek przebieg siły w pasie barkowym jest opóźniony o ok. 0,03 s w stosunku do przyspieszenia wypadkowego torsu manekina. Natomiast maksymalne wartości siły generowanej w pasie barkowym obu fotelików są różne. Oznacza to, że na podstawie przebiegów przyspieszeń zarejestrowanych w torsie manekina nie można prognozować wartości siły generowanej w pasie barkowym.

Z rys. 11 wynika też, że dla przeprowadzonego testu korzystniejsze jest mocowanie Fotelika 1 (test 1) w porównaniu z Fotelikiem 2 (test 2), ponieważ przy podobnym przyspieszeniu wypadkowym torsu (ok. 40 g) siła w pasie barkowym Fotelika 1 jest dwukrotnie mniejsza niż siła w pasie barkowym Fotelika 2.

5. Wnioski

1. Ważnym elementem systemu pasów bezpieczeństwa są elastyczne taśmy, które mają istotny wpływ na właściwości eksploatacyjne fotelików bezpieczeństwa dla dzieci. Sposób ułożenia taśm pasów bezpieczeństwa powinien powodować jak najbardziej równomierne rozłożenie nacisku wywieranego na ciało dziecka na całej powierzchni taśmy przylegającej do ciała.

2. Sztywności badanych taśm przy małych wartościach obciążenia i naprężenia są prawie dwukrotnie mniejsze od sztywności wykazywanych przez te taśmy po osiągnięciu obciążenia stanowiącego 50% wytrzymałości doraźnej (obciążenia zrywającego).
3. Przy zachowaniu podobnego mocowania (ISOFIX) i takich samych obciążeniach wymuszających, maksymalne przemieszczenie fotelika z manekinem względem kanapy samochodowej w chwili zderzenia zależy głównie od konstrukcji fotelika.
4. Maksymalne opóźnienie wózka pomiarowego wyprzedza maksymalne przemieszczenie manekina. W analizowanych przypadkach odległość chwil wystąpienia tych faktów wynosiła odpowiednio ok. 10 ms dla Fotelika 1 i ok. (30-40) ms dla Fotelika 2 (patrz rys. 8).
5. W zależności od rodzaju fotelika rozłożenie sił w taśmie pasa mocującego manekin do fotelika jest różne przy takich samych obciążeniach wymuszających. Informacja taka może być elementem oceny jakości fotelików bezpieczeństwa w fazie zderzenia.
6. Na podstawie przebiegów przyspieszeń zarejestrowanych w torsie manekina nie można prognozować wartości siły generowanej w pasie barkowym.

Praca została wykonana w ramach projektu INNOTECH-K2/IN2/59/182901/NCBR/12 i finansowym wsparciu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Autorzy składają podziękowanie dr. inż. Pawłowi Boguszowi za pomoc w przeprowadzeniu badań wytrzymałościowych pasów bezpieczeństwa.

Literatura

- [1] BOGUSZ P.: *Badania wąskich i szerokich pasów bezpieczeństwa fotelika dziecięcego*, Wojskowa Akademia Techniczna, Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Opracowanie niepublikowane, 2014.
- [2] BREADY J.E., NORDHAGEN R.P., KENT R.W.: *Seat Belt Survey: Identification and Assessment of Noncollision Markings*, SAE Paper 1999-01-0441.
- [3] DOYLE J. J. JR., LEVITT S. D.: *Evaluating the Effectiveness of Child Safety Seats and Seat Belts in Protecting Children from Injury*, August 2006; <http://www.nber.org/papers/w12519>.
- [4] http://fotelik.info/pl/news/inspekcje_fotelikow_2014_w_rybniku_relacja,521.html.
- [5] ŁABĘCKA M., ŻABA CZ., LORKIEWICZ-MUSZYŃSKA D., ŚWIDERSKI P., MULARSKI A., KOŁOWSKI J.: *Obrażenia śmiertelne narządów szyi spowodowane zapiętymi pasami bezpieczeństwa*, Arch. Med. Sąd. Kryminol., 2011, LXI, Prace Kazuistyczne/Case Reports 2011, s. 170-175.
- [6] Regulamin nr 129 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG/ONZ) – *Jednolite przepisy dotyczące homologacji ulepszonych urządzeń przytrzymujących dla dzieci stosowanych na pokładach pojazdów silnikowych*.
- [7] Regulamin nr 16 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – *Jednolite przepisy dotyczące homologacji: I. pasów bezpieczeństwa, urządzeń przytrzymujących, urządzeń przytrzymujących dla dzieci oraz urządzeń przytrzymujących dla dzieci ISOFIX dla osób znajdujących się w pojazdach silnikowych. II. pojazdów wyposażonych w pasy bezpieczeństwa, urządzenia przytrzymujące, urządzenia przytrzymujące dla dzieci oraz urządzenia przytrzymujące dla dzieci ISOFIX*.

- [8] Regulamin nr 44 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG/ONZ) – *Jednolite przepisy dotyczące homologacji urządzeń przytrzymujących dla dzieci przebywających w pojazdach o napędzie silnikowym („urządzenia przytrzymujące dla dzieci”)*.
- [9] *Seat-belts and child restraints: a road safety manual for decision-makers and practitioners*, London, FIA Foundation for the Automobile and Society, 2009.
- [10] SZMYTKOWSKA K., LEDKIEWICZ G., KORNET M., PIESIEWICZ A.: *Pasy bezpieczeństwa – ochrona czy zagrożenie?*, http://www.darpomocy.pl/dok/pasy_bezpieczenstwa.pdf
- [11] WICHER J.: *Niekolizyjne ślady użytkowania pasów bezpieczeństwa*, Rzeczoznawca Samochodowy, Nr 11/2007 (145), s.18-23.
- [12] ŻUCHOWSKI A.: *Wpływ rodzaju urządzenia ochronnego na kinematykę i obciążenia dziecka w samochodzie podczas zderzenia czołowego*, Archiwum Motoryzacji, 2013; 61(3), s.65-79.
- [13] ŻUCHOWSKI, A., WICHER, J.: *Wpływ wstępnego napięcia pasów bezpieczeństwa na obciążenia pasażerów na tylnych siedzeniach podczas zderzenia czołowego*, Archiwum Motoryzacji, 2/2013, s.209-226.