

NOWA KONCEPCJA SAMOCHODOWYCH FOTELIKÓW DLA DZIECI ZE WZGLĘDU NA ZASTOSOWANY SYSTEM BEZPIECZEŃSTWA UCZESTNIKÓW RUCHU DROGOWEGO

NEW IDEA OF CHILD CAR SEAT ACCORDING TO NEW SAFETY SYSTEM OF PARTICIPANTS OF ROAD TRAFFIC

W artykule zostały przedstawione zagadnienia dotyczące budowy samochodowych fotelików dla dzieci, obecnie dostępne rozwiązania konstrukcyjne oraz metodologię badań, która jest podstawą do dopuszczenia fotelika do sprzedaży. Szczególną uwagę poświęcono kryteriom służącym ocenie systemów bezpieczeństwa zamontowanych w foteliku. Wskazano również tendencje pojawiające się przy konstruowaniu nowych urządzeń.

Słowa kluczowe: fotelik dla dzieci, ISOFIX, homologacja, bezpieczeństwo dziecka.

In following article some issues of Child Restraint Systems (CRS) construction were presented, esp. currently available design solutions and methodology of the research (which is the basis of granting the type approval before introducing CRS to the market). There were also discussed criteria of evaluating safety systems in CRS. New tendencies of designing new facilities which have already been introduced were also pointed out.

Keywords: Child Restraint System (CRS), ISOFIX, type approval, child's safety.

1. Wprowadzenie

Przewożenie dziecka w samochodzie ma szczególne znaczenie, gdy weźmie się pod uwagę specyfikę podróży najmłodszych z pasażerów. Wypadek może spowodować kierujący samochodem lub inni uczestnicy ruchu w sposób całkowicie nieświadomy. Można sobie wyobrazić sytuację, w której na samochód osobowy najechał pojazd ciężarowy lub autobus tylko z tego powodu, że kierowca nie widział tegoż samochodu osobowego z powodu ograniczonego pola widzenia z kabiny kierowcy.

Należy również jasno powiedzieć: kierowca i inni dorośli pasażerowie samochodu wsiadają do niego świadomie i – zazwyczaj – zgodnie z własną, nieprzymuszoną wolą uczestniczą w ruchu drogowym, niosącym ze sobą ryzyko doznania urazów lub utraty życia, dziecko natomiast jest pasażerem biernym. Nie może samo decydować, czy chce znajdować się w samochodzie, gdy ten jest w ruchu, ani świadomie przeciw temu zaprotestować, tym bardziej w świadomy sposób nie jest w stanie zająć swojego miejsca w sposób, który będzie zgodny z intencją producenta użytkowanego fotelika oraz uwzględniający specyfikę samochodu, w którym fotelik ten został zamontowany.

Zapewnienie dziecku odpowiednio skutecznego systemu bezpieczeństwa podczas podróży zależy od jego opiekuna. Opiekun może bowiem zatem zadbać o dobrą ochronę dziecka na kilka sposobów:

1. powinien zapewnić stosowanie specjalnych urządzeń do przewożenia dzieci (co jest wymagane prawem);
2. powinien używać wskazanego urządzenia zgodnie z zaleceniami producenta;
3. powinien prowadzić pojazd, mając na uwadze, że bezpieczeństwo jego podopiecznego zależy głównie od decyzji jakie podejmie prowadząc pojazd.

Ze względu na obszerność przedstawionych wyżej zagadnień w niniejszym artykule autor skoncentruje się jedynie na kwestii konstrukcji urządzeń do przewożenia dzieci, zastosowane bowiem w nich rozwiązania wprost wpływają na to, czy podróżujące w nim dziecko będzie dobrze chronione przed skutkami wypadku drogowego lub kolizji.

1. Introduction

Child's car transportation gets special meaning when we take into consideration specific character of journey of the youngest passengers. An accident could be caused by a driver or other participants of traffic – totally unintentionally. One could imagine a situation when passenger car is crashed by heavy goods vehicle or a bus. Such crash could be caused for example when passenger vehicle is placed out of range of visibility in a bus (or a lorry).

It should be also clarified: a driver and other adults become passengers basing on their intentional choice and – in most cases – conscious will of participation in traffic. Traffic which brings a risk of loss of life or serious injury. Child is a passive passenger, it cannot decide if it want to be inside a car, it cannot protest, and – what's the most important – it is unable to take proper position in child car seat (CRS), which will be in conformity of intention of CRS and car manufacturer.

Providing a child an effective safety system during journey depends only on a child's guardian. A guardian could take care of child's safety on several ways:

1. He or she should ensure using a proper CRS (which is demanded by law);
2. He or she should use a CRS with conformity of demands of its manufacturer;
3. He or she should be aware that, while driving, the safety of his / her charge depends mainly on his /her decision on the road.

Regarding to the fact that issues mentioned above are comprehensive, author will focus in this article on a problem of construction of CRS. Solutions used in CRS influence directly the ability to secure child properly.

Regulamin EKG ONZ nr 44 ze względu na masę dziecka wyróżnia 4 grupy fotelików:

1. grupa 0 (0+) - dla dzieci o masie do 11 kg (13 kg);
2. grupa I – dla dzieci o masie od 9 kg do 18 kg;
3. grupa II – dla dzieci o masie od 15 kg do 25 kg;
4. grupa III – dla dzieci o masie od 22 kg do 36 kg.

W praktyce grupa II i III bazują na przytrzymaniu dziecka pasem bezpieczeństwa dla osób dorosłych. Grupa 0 to tzw. nosidełka/kołyski, w których dziecko podróżuje w pozycji leżącej.

Najbardziej interesująca z punktu widzenia możliwości konstrukcyjnych jest grupa I. W tych konstrukcjach jest wymagane, aby dziecko było mocowane do fotelika integralnym pasem, niezależnym od sposobu zamocowania fotelika w pojeździe.

2. Definicja wymagań dotyczących fotelików

Sytuacja wypadku drogowego jest dla dziecka najbardziej niekorzystna ze względu na skutki jakie ta sytuacja może wywołać. Wszystkie systemy bezpieczeństwa biernego, mające zmniejszać ciężkość obrażeń doznanych przez pasażerów, są zaprojektowane z myślą o dorosłej osobie, jej wzroście i masie. Dziecko, gdyby nie fotelik, byłoby całkowicie bezbronne. Konfiguracja pasa bezpieczeństwa nie odpowiada ani masie dziecka ani jego wzrostowi, wytrzymałość i sztywność taśmy pasa jest zoptymalizowana pod kątem dorosłego, a zakres działania poduszek gazowych nie obejmuje przestrzeni, w której znajduje się dziecko podczas jazdy.

Mimo zastosowania specjalnego urządzenia, jakim jest fotelik samochodowy, dziecko nadal jest narażone na olbrzymie opóźnienia, jakie działają na jego ciało podczas wypadku.

Definicja kryteriów, jakie stosuje się do oceny fotelików, znajduje się w Regulaminie EKG ONZ nr 44. Określony jest w nim tzw. „kształt krzywej hamowania” (zależność opóźnienia od czasu), oraz wielkości, jakie powinny zostać zarejestrowane przy pomocy manekina badawczego (serii P).

Ogólne kryteria do oceny spełniania wymagań w zakresie bezpieczeństwa to m.in.:

1. zdolność utrzymania dziecka w foteliku (badanie polega za obróceniu fotelika z zamontowanym manekinem o 360°);
2. wewnętrzne części fotelika powinny być wykonane z materiałów zapewniających rozpraszanie energii; maksymalna wartość opóźnienia po uderzeniu specjalnym impaktorem powinna wynosić nie więcej niż 60 g (588,6 m/s²);
3. Podczas hamowania stosuje się np. kryteria:
4. opóźnienie wypadkowe klatki piersiowej (mierzone za pomocą przetwornika opóźnienia umieszczonego w klatce piersiowej manekina) nie może przekroczyć 55 g (539,6 m/s²);
5. pionowa składowa opóźnienia klatki piersiowej, skierowana od brzucha do głowy (kierunek składowej pokrywa się z osią kręgosłupa manekina, zwrot jest w kierunku głowy) nie może przekroczyć 35 g (343,4 m/s²);
6. głowa manekina użytego do pomiaru nie może przemieścić się poza obszar kontrolny (rysunek 1).
7. dodatkowo sprawdza się stopień penetracji jamy brzusznej za pomocą plastelinowej wkładki, umieszczonej w części jamy brzusznej manekina.

ECE Regulation No. 44 gives 4 groups of CRS (from the mass of a child):

4. Group 0 (0+) – for children of mass to 11 kg (13 kg);
5. Group I - for children of mass from 9 kg to 18 kg;
6. Group II - for children of mass from 15 kg to 25 kg;
7. Group III - for children of mass from 22 kg to 36 kg.

In practice, group II and III are based on restraining child by a safety belt for an adult person. Group 0 contains CRS (carry cots) in which child in prone position.

The most interesting (for the reason of possibilities) is group I. In these constructions of CRS it is required to restrain a child (in CRS) by an integral belt which is independent from restraining of CRS in a car.

2. Definition of requirements concerning CRS

A situation of road accident is the most unfavorable for a child because of effects. All of passive safety systems, which are to decrease a range of injuries, are designed for a height and weight of an adult person. A child without CRS would be completely vulnerable. A configuration of an adult safety belt doesn't fit to a child, neither to its height, neither to its weight. The stiffness and strength of the strap of belt is optimized for an adult; the work range of airbags doesn't cover the area where a child is placed during a journey.

Despite using a special device, which CRS is, a child is still endangered to huge decelerations acting during an accident.

Definitions of requirements used during marking CRS are placed in ECE Regulation No. 44. The Regulation defines the shape of “deceleration curve” (deceleration-time dependence) and parameters which should be registered on crash test dummy (P-series).

General criteria of safety system in CRS are:

1. Ability of CRS to restrain a child inside CRS (full rotation of CRS with a dummy);
2. Inner parts of CRS should be made from materials ensuring appropriate level of energy dissipation (maximum value of deceleration after using special impactor should be no more than 60 g [588,6 m/s²]);
3. During deceleration are used criteria of:
4. Resultant deceleration of chest of a dummy (measured by deceleration transducer) mustn't exceed 55 g (539,6 m/s²);
5. Perpendicular component of chest deceleration from the stomach to the head mustn't exceed 35 g (343,4 m/s²);
6. A head of a dummy mustn't exceed the control area (Drawing No.1);
7. In addition, there is introduced level of stomach penetration. It is measured by plasticine insert placed in abdominal cavity of a dummy.
8. Mentioned above requirements should be completed by criteria determining ability to release a child from CRS by only one operation.

Do powyższych kryteriów należy jeszcze dodać wymagania mówiące o możliwości uwolnienia dziecka z fotelika po wykonaniu tylko jednej operacji.

3. Analiza wymagań

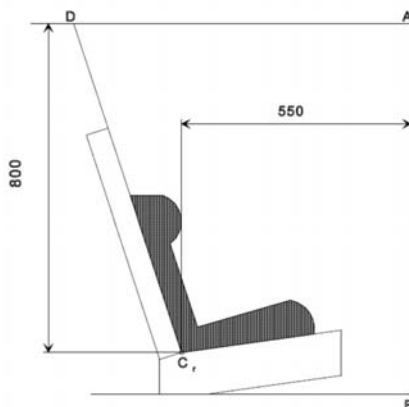
Przyjęło się, że Regulamin będący podstawą do udzielenia homologacji typu (ang. *type approval*) stanowi minimum wymagań, jakie powinien spełniać fotelik dla dziecka, warto jednak krytycznie przyjrzeć się przyjętej metodyce badań i spojrzeć na nią przez pryzmat konstrukcji, które zostały dotychczas wprowadzone do użytku. W praktyce bowiem, większość producentów stara się spełnić jedynie minimum wymagań, tak aby uzyskać dokumenty pozwalające wprowadzić produkt na rynek.

Wymagania stanowią jedynie o zachowaniu się klatki piersiowej dziecka, nic jednak nie jest powiedziane o ocenie dynamicznego zachowania głowy, tj. o opóźnieniach rejestrowanych w głowie manekina, odkształceniu szyi manekina, sile tnącej czy momencie zginającym działającym na odcinek szyjny kręgosłupa dziecka. Analizując proporcje mas poszczególnych części ciała [2] (rysunek 2), można zauważyć, że głowa trzyletniego dziecka ma masę dwukrotnie większą niż masa głowy dorosłego człowieka. Dodatkowo należy również zauważyć, że dziecko nie ma wykształconej w pełni tkanki mięśniowej ani kostnej, która pozwoliłaby skutecznie przenosić wysokie obciążenia, które działają na głowę i szyję dziecka podczas wypadku.

Regulamin nakłada na konstrukcję fotelika warunek stosowania pasa kroczeniowego. Skutkuje to wymuszeniem konstrukcji pasów integralnych fotelika. Obecnie mają one kształt sześciopunktowej uprząży, która ma pas kroczeniowy opierający się bezpośrednio o kroczce dziecka oraz klamrę spinającą taśmy pasa. Klamra umieszczona jest na brzuchu dziecka.

Można przyjąć założenie, że klamra jako element o bardzo dużej sztywności i twardości (w porównaniu z brzuchem dziecka) może powodować urazy narządów znajdujących się w jamie brzusznej dziecka. Jednakże Regulamin nie stawia w tym przypadku żadnych kryteriów dotyczących rejestracji siły i/lub głębokości penetracji. Spowodowane jest to tym, że nie są obecnie dostępne manekiny dzieci, które byłyby wyposażone w przetworniki rejestrujące właśnie nacisk na kroczce czy siłę z jaką zamek penetruje jamę brzuszną.

Obecnie jedyną metodą na sprawdzenie czy konstrukcja zamka nie powoduje zbyt dużego ryzyka urazu stosuje się pomiar penetracji przy pomocy wkładki plastelinowej. Jednakże metoda ta pozostawia wiele do życzenia. Sam pomiar bazuje na każdorazowym umieszczeniu wkładki w ma-



Rys. 1. Obszar kontrolny dla głowy manekina podczas testu dynamicznego [1]

Fig. 1. Control area for a head of a dummy during dynamic test [1]

3. The analysis of requirements

It is accepted that ECE Regulation which is a basis to granting type approval contains a minimum of requirements that CRS should fulfill. But it is reasonable to look into ECE methodology of testing from the point of view of CRS which were introduced to the market.

In practice most of manufacturers want to fulfill only a minimum of requirements in order to complete all of documents which are necessary for introducing CRS to the market.

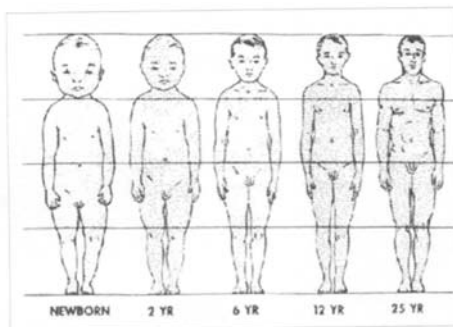
Requirements describe only behavior of chest of a child. There is nothing said about dynamic performance of a head: decelerations registered in the head of a dummy, deflection of a neck, shearing force or bending moment acting on neck section of a spine. After analyzing proportions of different parts of human body [2] (Drawing No.2.) it could be noticed that a head of three-years old child has a weight two times higher than a head of an adult. It is also very important that three-year old child has a muscular and bone tissue not strong enough to withstand dynamic load which affects its head and neck during the impact.

ECE Regulation gives a requirement to use a crotch strap. This statement forces using specific construction of integral belt system. At present this construction is formed as a 6-point harness with crotch strap resting on child's genitals and main buckle. The buckle is placed on a child's stomach.

It could be assumed that the buckle has very high stiffness and hardness (in comparison with child's stomach). A contact of buckle and stomach could be a reason of serious injuries of inner organs. But the Regulation doesn't give any criteria for registering force and/or depth of penetration. It is caused by situation of market of test dummies. At present there is no reliable dummy equipped with transducers measuring pressure on crotch or force of buckle penetration.

Nowadays the only method of testing if the construction of buckle doesn't penetrate the stomach too deep is measurement of penetration by plasticine insert. However this method is not satisfying. During each measurement the insert is placed in abdominal cave of dummy by a technical service and judgment is given after removing the insert from a dummy. Before giving the judgment the insert could be damaged twice. Reliability of such measurement and its repeatability are controversial.

Another requirement which could be questioned is the way of releasing a child from CRS. The requirement



Rys. 2. Zmiany proporcji ciała dziecka wraz z wiekiem
Fig. 2. Changes of proportions of body vs. age

neklinie przez pracownika placówki technicznej prowadzącej badania, a ocena następuje po wyjęciu wkładki również przez pracownika. Zanim więc zostanie odnotowany wynik badania, wkładka ma możliwość być uszkodzoną dwa razy. Pewność tak przeprowadzonego pomiaru oraz jego powtarzalność jest co najmniej dyskusyjna.

Kolejnym wymaganiem, które można kwestionować jest sposób uwalniania dziecka z fotelika. Kryterium mówi, że musi się to odbyć przy pomocy jednej operacji. W domyśle mowa tu o odpięciu blokady pasów integralnych (poprzez naciśnięcie przycisku zwalniania). Jednakże przy poprawnie wyregulowanym pasie samo odpięcie blokady nie gwarantuje szybkiego usunięcia dziecka z fotelika. W praktyce należy również wyluzować taśmy, co znacząco wydłuża czas ewakuacji. Należy również zauważyć, że gdy ewakuacja odbywa się w sytuacji zagrażającej dziecku utratą życia, może nie być czasu na mocowanie się z mechanizmem regulacji długości taśm.

Na szersze omówienie zasługuje również sama specyfikacja testu dynamicznego. Regulamin przewiduje jedynie badanie, które odwzorowuje wypadek drogowy, który można sklasyfikować jako zderzenie czołowe bez tzw. offsetu¹. Natomiast w rzeczywistości większość wypadków to zderzenia czołowe właśnie z offsetem. Nierzadko również występują zderzenia boczne oraz kombinacja tych dwóch typów zderzeń. Zdarza się również, że zaraz po zderzeniu czołowym następuje drugie zderzenie, boczne lub uderzenie w tył pojazdu. Regulamin jednak takich sytuacji nie przewiduje.

Jako podsumowanie specyfikacji badań należy podać, że badanie dynamiczne fotelika mocowanego pasem bezpieczeństwa dla osoby dorosłej prowadzone jest po uprzednim naprężeniu taśmy pasa siłą 50 daN. W praktyce użytkowej bardzo trudno jest osiągnąć taką wartość naprężenia taśmy (najczęściej nie jest ona w ogóle naprężana).

Kluczowym pytaniem, jakie należy w tym momencie postawić, jest: czy fakt uzyskania przed fotelik homologacji EKG ONZ mówi cokolwiek o możliwościach ochronnych systemu bezpieczeństwa fotelika, w którym codziennie wozimy nasze dzieci?

Słuszną jest teza o konieczności opracowania metody badań homologacyjnych od nowa, tak aby odzwierciedlała rzeczywiste warunki użytkowania fotelika, jak również odtwarzała w większym stopniu rzeczywiste warunki wypadku drogowego.

W celu sprawdzenia rzeczywistej skuteczności systemów bezpieczeństwa używanych w fotelikach dla dzieci, zostało założone międzynarodowe konsorcjum (członkami są automobilkłuby z całego świata²), które wykonuje co roku test konsumencki fotelików w centrum testowym ADAC w Niemczech.

Formuła tego testu przewiduje zwiększenie wartości prędkości zderzenia czołowego z 50 km/h na 70 km/h oraz umieszczenie fotelika w nadwoziu samochodu na rzeczywistym fotelu (a nie na standardowym fotelu badawczym, jak to jest w przypadku badań homologacyjnych). Dodatkowo wprowadzono test zderzenia bocznego, wzorowany na procedurze testowej EuroNCAP. Wprowadzono również (z małym współczynnikiem wagi) badanie właściwości funkcjonalnych testowanych fotelików.

claims that child should be released by one operation. As an interpretation it could be said that releasing should be made by pressing one button on buckle. However when the harness is properly adjusted, releasing a buckle doesn't guarantee a possibility of fast removing child from CRS. In practice also the harness should be released, but this operation extend time needed for child evacuation. Is also worth to mention that child evacuation acts usually in case of emergency and it could happen that there won't be enough time to release the harness.

Another thing which should be discussed is dynamic test specification itself. The Regulation covers only situation of car accident which could be described as a front impact without the offset¹. But in real accidents most of them are front impacts with offset. Often there are also lateral impacts or combinations of both: front and lateral or back impacts. The Regulations doesn't cover such cases.

As a summary of dynamic test specification it should be mentioned that dynamic test CRS which is restrained in a car by an adult safety belt is performed with pre-tensioning the safety belt with a force of 50 daN. In practice such pre-tension is very difficult to achieve (in most cases belt is without any tension).

Basic question which should be asked is: Does the fact of granting ECE type approval say anything about efficiency of safety system used in particular CRS?

It's highly recommended to work on new methodology of type approval tests in order to keep it as close to real road situations as possible.

In order to check real efficiency of safety systems in CRS an international consortium was established (members of this consortium are motor-clubs from all of the world²). The consortium performs a customer's test once a year in ADAC testing centre in Germany.

Specification of this test increases value of velocity from 50 km/h to 70 km/h and places CRS in real car body on real seat (not on a standard testing seat as it is in type approval test). Additionally there was introduced lateral impact based on the EuroNCAP specification. There was also introduced a test of functionality of CRS (but with low importance).

But all of that doesn't change a fact that ADAC test is performed by using the same equipment as it is in type approval.

¹ Offset (ang.) – w terminologii opisującej zderzenia pojazdów określa odległość osi wzdluznych zderzających się pojazdów

¹ Offset (ang.) – w terminologii opisującej zderzenia pojazdów określa odległość osi wzdluznych zderzających się pojazdów

² W skład konsorcjum wchodzi organizacje z Austrii, Belgii, Chorwacji, Czech, Danii, Wielkiej Brytanii, Finlandii, Francji, Niemiec, Hong Kongu, Węgier, Irlandii, Włoch, Holandii, Norwegii, Portugalii, Słowenii, Hiszpanii, Szwecji i Szwajcarii.

² Members of consortium are from: Austria, Belgium, Croatia, Czech Republic, Denmark, England, Finland, France, Germany, Hong Kong, Hungary, Ireland, Italy, Netherlands, Norway, Portugal, Portugal, Slovenia, Spain, Sweden and Switzerland.

Nie zmienia to jednak faktu, że próby te wykonywane są za pomocą tego samego sprzętu, który służy do badań homologacyjnych.

4. Możliwości projektowe

Obecnie, gdy konstruktor staje przed zadaniem zaprojektowania nowego typu fotelika dla I grupy masowej, może skorzystać z dwóch podstawowych koncepcji mocowania fotelika do pojazdu:

1. Fotelik mocowany pasami bezpieczeństwa dla osoby dorosłej.
Zalety: uniwersalność, pasuje do każdego samochodu wyposażonego w trzypunktowy pas bezpieczeństwa dla osoby dorosłej.
Wady: system podatny na błędy użytkownika przy mocowaniu, duże luzy wynikające z rozciągania się taśmy.
2. Fotelik mocowany systemem ISOFIX.
Zalety: szybkie i pewne zamocowanie do pojazdu, duża sztywność konstrukcji.
Wady: wysoka masa całego urządzenia, wysoki koszt końcowy.

Podstawowa konstrukcja wewnętrzna, dotycząca mocowania dziecka w pojeździe do tej pory pozostawała właściwie taka sama: uprzęż sześciopunktowa ze wszystkimi jej wadami wskazanymi wcześniej.

Patrząc na dotychczasowe konstrukcje przez pryzmat testu homologacyjnego można odnieść wrażenie, że obecnie stosowane konstrukcje spełniają wymagania dostatecznie dobrze. Jednakże podstawowe pytanie jakie należy postawić brzmi: w jaki sposób kryterium opóźnienia wypadkowego torsu 55 g (przykładowe wyniki – rysunek 3) przekłada się na faktyczną jakość fotelików ze względu na bezpieczeństwo?

Odpowiadając na postawione do tej pory pytania, należy wziąć pod uwagę fakt, że dotychczas instytucje zajmujące się określaniem wymagań, jak również prowadzące prace rozwojowe nad manekinami, nie dysponują danymi biomechanicznymi ludzkiego ciała. W literaturze brakuje podstawowych danych dotyczących wytrzymałości tkanki kostnej, stawów, narządów wewnętrznych oraz ich odporności na przeciążenia. Co więcej, praktycznie każda próba stworzenia programu badawczego pozwalającego zebrać wymagane dane spotyka się z mnóstwem zarzutów moralnych.

5. Rozwiązanie problemu

Rozwiązania problemu można upatrywać w koncepcji konstrukcji będącej treścią zgłoszenia patentowego nr P-380316. Konstrukcja ta przewiduje wyeliminowanie układu pasów szelkowych na rzecz pasów krzyżowych, które zapewniają rozłożenie obciążeń podczas wypadku na większej powierzchni oraz wyeliminowanie pasa kroczonego na rzecz dwóch pasów przytrzymujących miednicę dziecka. Co najważniejsze, kłama spi-

4. Design abilities

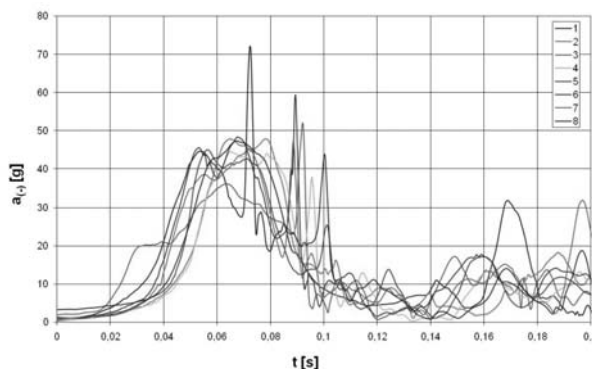
At present, when constructor is going to start designing a new type of CRS for I group, he or she could use one of two basic solution of restraining CRS in car:

1. CRS restrained by safety belt for adults
Advantages: universality, it fits every car equipped with 3-point safety belt for adults.
Disadvantages: this solution is susceptible to misuse; it has large clearance as a result of tension.
2. CRS restrained by ISOFIX
Advantages: fast and reliable fixing in a car, large stiffness of construction.
Disadvantages: large weight of complete device, high production costs.

Basic inner construction of child restraining system is still unchanged: 6-point harness with all its disadvantages mentioned above.

When we look on constructions introduced up to now from the point of view of type approval test, it could be said that constructions introduced to the market fulfill requirements quite well. However basic question in this case will be: how “55 g criteria” of chest deceleration (example results – drawing No.3) is transmitted to real quality of safety systems in CRS?

Before we give answer our questions, we should take into consideration a fact, that institutions that are working on preparing criteria and making research on test dummies don't have accurate biomechanical data of human body. In literature, there is not enough data concerning strength of bone tissue, joints, inner organs and its resistance to deceleration. What's more, almost every attempt to prepare research in order to get necessary data is contrasted with serious objections.



Rys. 3. Opóźnienia wypadkowe torsu manekina podczas prób dynamicznych

Fig. 3. Result deceleration of manikin chest in dynamic tests

5. Solution of the problem

Solution of the problem of safety of CRS could be found in construction placed in Polish patent application no. P-380316. This construction eliminates classic 6-point harness, and introduces Crossing Belt System (CBS). CBS provides distribution of load (during an accident) on larger area and eliminates a crotch strap. Instead of crotch strap, there are two straps restraining a child's pelvis. The most important in this solution is

nająca taśmy została zamocowana pod powierzchnią siedziska. Dzięki temu zamek nie ma możliwości wejść w kontakt z żadną częścią ciała dziecka – wyeliminowana została możliwość powstania obrażeń spowodowanych klamrą zamka.

Rozwiązanie to eliminuje całkowicie wszystkie elementy, których rzetelne przetestowanie dostępnym sprzętem jest co najmniej kłopotliwe.

Przywołane wyżej rozwiązanie konstrukcyjne jest obecnie wdrażane w nowym typie fotelika dla dzieci przez polską firmę Ramatti. Cykl projektowania, badań oraz wdrażania produkcji objęty jest programem dofinansowania z UE.

Współczesne standardy projektowania wymagają, aby przed uruchomieniem produkcji został wykonany prototyp, który poddawany jest procedurze testowej. Procedura ta powinna stanowić walidację założeń, przyjętych na początku procesu projektowania.

Jako test sprawdzający dla nowej konstrukcji wybrane zostało badanie dynamiczne według Regulaminu EKG OZN nr 44. Mimo jego licznych wad jest to procedura, która jest standardowa i z tego powodu czytelna dla różnych ośrodków badawczych. Pozwala również w prosty sposób porównać między sobą wyniki uzyskane w całkowicie niezależnych ośrodkach badawczych.

Ze względu jednak na specyfikę materiału, z którego został wykonany prototyp, wartość prędkości uderzenia została zmniejszona z 50 km/h do 34 km/h. Obecnie niemożliwe jest zbudowanie prototypu projektowanego urządzenia (czyli wykonanie kilku sztuk w skali 1:1) w taki sposób, aby użyć materiału, z którego docelowo będzie on produkowany. Wynika to z faktu, że nadawanie tworzywom sztucznym żądanego kształtu odbywa się przy wykorzystaniu specjalnych narzędzi (form wtryskowych), których produkcja jest czasochłonna i bardzo kosztowna. Wykorzystanie tej metody produkcji na etapie prototypu pozbawia sensu ekonomicznego cały proces badawczo-rozwojowy. Stąd też wynika konieczność zastosowania tworzywa, które daje się formować ręcznie, ale należy mieć świadomość, że wytrzymałość mechaniczna tego tworzywa będzie dużo niższa niż materiału używanego docelowo.

Mimo zastosowania słabszego materiału wykonanie testów dynamicznych (nawet ze zmniejszoną prędkością) pozwala ocenić ogólnie zachowanie się nowej konstrukcji, jak również ocenić specyficzne wymagania postawione konstrukcji.

a fact that main buckle is hidden beneath the level of the seat. As a result, there is no possibility to make buckle – stomach contact. Risk of injuries in abdominal area made by buckle is eliminated.

The CBS solution eliminates also all elements which are very difficult to test properly.

The CBS solutions is being introduced to new type of CRS produced by Polish company Ramatti. The whole cycle of design, research and introducing the production is subsidized by EU funds.

Actual standards in design require making a prototype, which will be put into research procedure. This procedure should be a validation of goals set on the beginning of design.

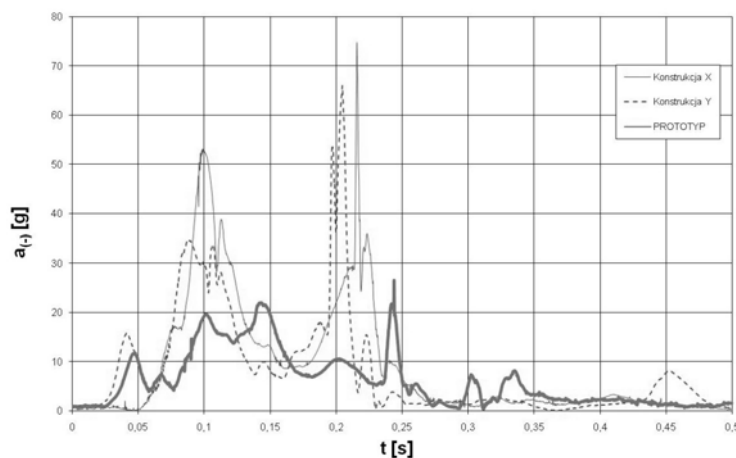
As a final validation of a CBS solution the dynamic test (according to ECE Regulation No. 44) was chosen. Despite its many disadvantages it is a procedure which is standardized and due to this it is comparable with test conducted by many different research organizations. This test gives also the opportunity to compare results from different laboratories.

Regarding specification of material that was used to build a prototype, value of velocity was decreased from 50 km/h to 30 km/h. Nowadays it is almost impossible to build a prototype of new designed CRS (in 1:1 scale) from material which will be used in serial production. It is a result of specification of production: production form plastic requires using special machines and moulds. Preparing machine and mould to use is very expensive and time-consuming. Using method from serial production in order to build a prototype doesn't make an economical sense. That's why it is needed to use hand-forming technology, but it is necessary to keep in mind, that such prototype won't be as strong as it should.

Despite using weaker material, performing dynamic tests (even with decreased velocity) could show general behavior of new construction and evaluate specific demands made before.

During dynamic test also different constructions (available on the market) were tested with the prototype (drawing no. 4). Comparative test is very important on the stage of prototype: profits from introducing new construction could be estimated from the point of view of existing solutions.

Dynamic tests were done in Vehicle Safety Laboratory in Automotive Industry Institute (PIMOT) in Warsaw.



Rys. 4. Opóźnienia głowy manekina podczas próby prototypu oraz konstrukcji standardowych
Fig. 4. Deceleration of a head of dummy during comparative test

Wraz z prototypem poddano badaniu również konstrukcje dostępne w chwili testu na rynku (rysunek 4). Test porównawczy jest na etapie powstawania prototypu bardzo ważny: dzięki niemu można oszacować korzyści jakie wynikają z wdrożenia nowego rozwiązania, poprzez pryzmat obecnie dostępnych dla konsumenta rozwiązań.

Badania wykonano w Laboratorium Bezpieczeństwa Pojazdów Przemysłowego Instytutu Motoryzacji (PIMOT) w Warszawie.

Wyniki uzyskane w tym teście wskazują na znaczne zmniejszenie opóźnień rejestrowanych podczas próby przez przetworniki umieszczone w manekinie.

6. Podsumowanie

Działania podjęte przez firmę Ramatti można odebrać jako punkt zwrotny w formułowaniu założeń konstrukcyjnych fotelików, wzbogacający system bezpieczeństwa. Opracowane rozwiązania konstrukcyjne oraz sposób prowadzenia prac projektowych jasno wskazuje, że przy konstruowaniu współczesnego fotelika samochodowego dla dziecka najbardziej istotnym elementem tego procesu jest analiza możliwości ochronnych urządzenia tak z punktu widzenia dziecka siedzącego w foteliku, jak i z punktu widzenia pozostałych pasażerów samochodu.

Można się spodziewać, że konstrukcja, która wejdzie do produkcji seryjnej określi nowy punkt odniesienia „bezpiecznej konstrukcji fotelika dla dzieci”.

7. References

- [3] Bourdet N., Willinger R. : Coupled head-neck-torso and seat model for car seat optimization under rear-end impact. *Journal of Sound and Vibration* 313, 2008.
- [4] Diupero T., Stasiak P.: Możliwości ochronne urządzeń zabezpieczających dla dzieci w świetle badań. Materiały X konferencji: „Problemy Rekonstrukcji Wypadków Drogowych”, Szczyrk 2006.
- [5] Giacomini J.: Some observations regarding the vibrational environment in child safety seats. *Applied Ergonomics* 31, 2000.
- [6] Kapoor T., Altenhof W., Wang Q., Howard A.: Injury potential of a three-year-old Hybrid III dummy in forward and rearward facing positions under CMVSS 208 testing conditions. *Accident Analysis & Prevention* 38, 2006.
- [7] Lawrence W.: A review of current technology in child safety seats for infants. MSN, CPNP.
- [8] Murphy J. : Child Passenger Safety. *Journal of Pediatric Health Care*, May/June, 1998.
- [9] Olejnik K.: Chosen problems of safety in the range of visibility in city buses. *Eksplatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability* 1 (29) 2006.
- [10] Rangel S., Martin C., Brown R., Garcia V., Falcone R.: Alarming trends in the improper use of motor vehicle restraints in children: implication for public policy and the development of race-based strategies for improving compliance. *Journal of Pediatric Surgery* 43, 2008.
- [11] „Regulation No. 44: Agreement concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles and the conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the basis of these prescriptions
- [12] Schnitzer P.: Prevention of Unintentional Childhood Injuries. *American Family Physician*, December 1, vol. 74, no 11, 2006.
- [13] Starr N.: Kids and car safety: beyond car seats and seat belts. *Journal of Pediatric Health Care*, vol 25 no 5, Spet/Oct, 2001.
- [14] Wilson P.: Fasten their seatbelts: legal restraint of children in car seats and road ambulances. *Pediatric Nursing*, September vol 19 no 7.
- [15] Vesentini L., Willems B.: Premature of children in child restraint systems: An observational study. *Accident Analysis & Prevention* 39, 2007.

Results of this tests point out that decelerations registered by transducers in dummy in prototype were smaller than in other constructions..

6. Summary

All of effort taken by Ramatti company could be a turning point in defining goals in construction of CRS which will improve safety systems. Designed construction and the way of designing and research modern CRS pointed out that the most important element of designing is the analysis of efficiency of safety systems in CRS but from the point of view of child who will be restrained inside the CRS and from the point of view of other passengers.

It can be expected that new construction which will be introduced to serial production will set new reference point of “safe construction of CRS”.

Mgr inż. Piotr STASIAK

Ramatti Sp. z o.o.

ul. Sikorskiego 17, Klaudyn

05-080 Izabelin
