

**Andrzej Damm**  
**Ryszard Czajka**  
**Stanisław Traczyk**  
**Marek Gołaszewski**  
**Tomasz Szczepański\***

## **KONSTRUKCJA CZTEROOSOBOWEGO SYMULATORA ZDERZEŃ**

We wrześniu 2010 r. został oddany do użytku czteroosobowy symulator zderzeń. Jego konstruowanie było bardzo złożonym procesem. Niniejszy artykuł ma za zadanie przybliżenie założeń i koncepcji, jakimi się kierowano, napotykanym problemom oraz omówienie rozwiązań, na jakie zdecydowano się podczas jego tworzenia.

### **Cel symulacji zderzeń**

Symulację zderzeń przeprowadza się w celu pogłębienia wiedzy o odczuciach ofiar podczas zderzenia samochodu.

Przeprowadza się je głównie po to, by zachęcić ludzi do przestrzegania przepisów, a zwłaszcza zapinania pasów bezpieczeństwa. Zbyt wiele osób bagatelizuje ten obowiązek z powodu małej wiedzy o zjawiskach fizycznych, które mają miejsce podczas zderzenia.

Aby możliwie dużo osób zapoznać z takimi doświadczeniami, postanowiono, by w trakcie pokazu mogła brać w nim udział więcej niż 1 osoba (od jednej do czterech).

---

\* mgr inż. Andrzej Damm, inż. Ryszard Czajka  
Instytut Transportu Samochodowego – Zakład Procesów Diagnostyczno-Obługowych  
ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa, tel.: (+48 22) 811 02 97

mgr inż. Stanisław Traczyk, mgr inż. Marek Gołaszewski, mgr inż. Tomasz Szczepański  
Instytut Transportu Samochodowego – Zakład Procesów Diagnostyczno-Obługowych  
ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa, tel.: (+48 22) 675 61 96

## Ogólna idea symulatora zderzeń

Symulacja zderzenia ma w tym przypadku polegać na dostarczeniu czterem (od jednej do czterech) osobom bodźców przeciążeniowych podobnych do tych, które występują podczas rzeczywistego zderzenia samochodu w określonych warunkach.

Bardzo ważnym założeniem jest fakt, że w ważne są efekty powstałe w wyniku zderzenia w zadanych warunkach, a nie same warunki zderzenia. Wiąże się to na przykład z możliwością, aby osoby w symulatorze w określonej fazie symulacji poruszały się z inną prędkością, niż prędkość poruszania się pasażerów rzeczywistego samochodu w analogicznej fazie zderzenia – o ile efekty poruszania się z inną prędkością będą zbliżone.

Interesującymi nas efektami zderzenia są wspomniane już wcześniej bodźce dostarczane osobom w symulatorze.

W związku z powyższym logiczną kolejnością dalszych rozważań było:

- określenie warunków rzeczywistego zderzenia, których efekty należało symulować,
- określenie bodźców działających na człowieka w trakcie rzeczywistego zderzenia, jako efekty zderzenia,
- określenie sposobu dostarczenia owych bodźców (sposobu symulacji zderzenia),
- rozważenie powyższych punktów pod względem bezpieczeństwa,
- określenie szczegółów konstrukcyjnych symulatora ze szczególnym uwzględnieniem warunków bezpieczeństwa – stworzenie projektu,
- wykonanie symulatora według projektu,
- doświadczalne sprawdzenie działania symulatora.

## Warunki rzeczywistego zderzenia

W związku z faktem, że symulacja ma ukazywać działanie pasów bezpieczeństwa (i potrzebę ich zapinania) – oczywistym wydawał się wybór zderzenia czołowego. Można tutaj mówić o pewnym wyidealizowanym zderzeniu czołowym, w którym wszystkie siły działające na człowieka

rozkładają się w sposób symetryczny (względem płaszczyzny symetrii samochodu), nie powodują wyrzucenia pojazdu do góry ani przygniecenia do ziemi i w wyniku, którego prędkość samochodu zmniejsza się do zera (całkowite zatrzymanie samochodu).

Jest to sytuacja odpowiadająca zderzeniu z drugim, podobnym samochodem jadącym z przeciwka z taką samą prędkością lub sytuacja odpowiadająca zderzeniu z nieruchomą, idealnie sztywną, płaską przeszkodą (na przykład ścianą).

Jedynym parametrem wymagającym wówczas jego określenia jest prędkość początkowa samochodu (prędkość przed zderzeniem).

Przy jej doborze trzeba było się liczyć z dwoma sprzecznymi wymaganiami:

- z jednej strony – im większa owa prędkość, tym wyraźniejsze, lepiej odczuwalne efekty,
- z drugiej strony – im mniejsza prędkość, tym większe bezpieczeństwo człowieka.

Zdecydowano się więc, na prędkość wynoszącą około 10 km/h – jako prędkość, przy której:

- zderzenie jest wyraźnie odczuwalne (w tym także wyraźne staje się działanie pasów bezpieczeństwa),
- jest bezpieczne dla osób zdrowych.

Tutaj należy zaznaczyć, że dla osób chorych – każdy rodzaj zderzenia może być niebezpieczny i w związku z tym konieczna jest weryfikacja stanu zdrowia osób, biorących udział w symulacji przez lekarza. Weryfikacja ta może odbywać się niezależnie od pokazu, ale wówczas osoby biorące udział w symulacji będą zobowiązane potwierdzić diagnozę lekarską umożliwiającą wzięcie udziału w pokazie.

## **Określenie bodźców działających na człowieka**

Bezpośrednim bodźcem działającym na człowieka w trakcie zderzenia (lub symulacji zderzenia) jest jego ekspozycja na przyspieszenie (hamujące).

Należy wymienić następujące parametry tego czynnika:

- kierunek (oraz zwrot) wektora przyspieszenia,

- czas trwania przyspieszenia,
- rozkład przyspieszenia w czasie (ze szczególnym uwzględnieniem wartości maksymalnej),

Kierunek i zwrot wektora przyspieszenia jest zdefiniowany jako skierowany poziomo, ku przodowi samochodu.

Czas trwania zderzenia jest zależny od sztywności przedniej części samochodu oraz od jego masy. Przy prędkości początkowej 10 km/h, będzie to czas rzędu 0,1 sekundy.

W pewnym uproszczeniu, zakładając stałe opory owych odkształceń, można przyjąć, że wartość przyspieszenia będzie stała w czasie – od momentu początku zderzenia, aż do zatrzymania.

Wartość tego przyspieszenia będzie wówczas wynosiła  $28 \text{ m/s}^2$ . Jest to równoważne przyspieszeniu wynoszącemu około 2,9 g.

Zgodnie z założeniem początkowym, według którego symulacji podlegają odczuwalne bodźce przeciążeniowe, a nie same warunki zderzenia – nie należy zakładać, że symulacja musi się odbywać dokładnie w takich samych warunkach. Może się bowiem okazać, że podobne odczucia są osiągalne w nieco innych warunkach. To jednak należy analizować w oparciu o sposób symulacji zderzenia.

## Sposób symulacji zderzenia

Zdecydowano się na symulację zderzenia realizowaną poprzez rozpędzanie wózka z pasażerami na pochylni, a następnie gwałtowne jego wyhamowywanie.

Na wózku umieszczone miały być cztery siedzenia, wyposażone w pasy bezpieczeństwa. Wózek miał być rozpędzany jedynie siłą grawitacji. Powrót wózka miał być możliwy za pomocą ręcznego wtaczania go na górę pochylni lub mechanicznie, przy wykorzystaniu wciągarki samochodowej. Wyhamowywanie wózka miało być realizowane poprzez uderzenie specjalnych zaczepów w przygotowane blokady ruchu.

Prędkość wózka przed zderzeniem (prędkość początkowa zderzenia) zależała wówczas od kąta pochylenia pochylni, od jej długości oraz od całkowitej masy wózka wraz z pasażerami. Zdecydowano się na realizowanie prędkości początkowej wynoszącej około 6 km/h. Ta prędkość zmienia się

nieznacznie w zależności od liczby oraz masy osób, które zajmą miejsca w symulatorze i może wahać się od 5 do 7 km/h.

Samo zatrzymanie wózka (a więc także fotela, na którym siedzi człowiek w czasie symulacji) jest dużo gwałtowniejsze, niż zatrzymanie samochodu (a więc fotela, na którym siedzi człowiek w czasie rzeczywistego zderzenia). Dzieje się tak dlatego, że przednia część samochodu w warunkach rzeczywistych ulega znacznemu odkształceniu, podczas gdy zaczepy wózka oraz blokady ruchu, w które owe zaczepy uderzają – odkształcają się w minimalnym stopniu. Powoduje to, że przyspieszenie hamujące wózka (a tym samym fotela) jest dużo większe, a przy tym dużo bardziej krótkotrwałe.

Należy jednak wziąć pod uwagę, że zatrzymanie wózka nie odbywa się równocześnie z zatrzymaniem się osoby siedzącej na wózku. Tułów człowieka przesuwa się nadal ku przodowi i jest stopniowo wyhamowywany przez pasy bezpieczeństwa. Z punktu widzenia bodźców dostarczanych osobie poddanej symulacji – nie ma takiej potrzeby, aby w trakcie wyhamowywania tułowia wózek poruszał się wraz z nim i podobnie stopniowo hamował.

Mniejsza prędkość wózka przed zderzeniem (około 6 km/h zamiast 10 km/h) daje większe bezpieczeństwo symulacji, a efekty są rekompensowane przez bardziej gwałtowne zatrzymanie wózka. W obydwu przypadkach (zarówno przy zderzeniu rzeczywistym, jak podczas symulacji) górna część ciała człowieka porusza się w podobny sposób, będąc stopniowo wyhamowywana przez pasy bezpieczeństwa. To właśnie daje podobne bodźce odczuwalne przez osobę poddaną symulacji.

## **Bezpieczeństwo związane z symulacją zderzenia**

Oczywiście podstawowym priorytetem symulacji zderzenia jest bezpieczeństwo ludzi. Należy tutaj uwzględnić nie tylko osoby biorące udział w samej symulacji, ale także osobę obsługującą urządzenie oraz widzów przyglądających się pokazowi.

Pierwszym punktem rozważań były same bodźce przeciążeniowe, na jakie wystawione będą osoby w symulatorze. Zostały one ocenione, jako bezpieczne, dalekie od przeciążeń mogących powodować jakiegokolwiek dolegliwości u zdrowej osoby.

Należy jednak jeszcze raz podkreślić, że pewne schorzenia mogą eliminować daną osobę z możliwości ekspozycji na takie nawet niegroźne bodźce. Dlatego konieczna jest ocena lekarska stanu zdrowia. Osoba chcąc wziąć czynny udział w pokazie, musi więc wypełnić oświadczenie, w którym wyrazi (jeśli jest to zgodne z prawdą), że jej stan zdrowia jej znany, sprawdzony przez lekarza i oceniony jako nadający się do wzięcia udziału w tego typu prezentacji.

W dalszej części – należało rozważyć bezpieczeństwo związane z samą konstrukcją symulatora. Spośród najważniejszych zagadnień, warto wymienić:

- odpowiednią wytrzymałość samej konstrukcji wózka oraz pochylni (szczególnie zaczepów i blokad ruchu), która będzie musiała wytrzymać nie tylko nacisk pochodzący od ciężaru siedzących pasażerów, ale także siły dynamiczne występujące podczas zderzenia,
- wyposażenie foteli w działające pasy bezpieczeństwa, zamocowane w taki sposób, aby wytrzymały nawet największe, przewidziane naciągi,
- wyposażenie foteli w zagłówki – potrzebne podczas gwałtownego zjazdu z pochylni oraz w przypadku cofnięcia sprężystego głowy po symulacji zderzenia,
- wystarczającą przestrzeń w okolicy foteli oraz zabezpieczenie niektórych elementów konstrukcyjnych, aby ruch tułowia, kończyn i głowy podczas symulacji oraz podczas wsiadania i wysiadania – był bezpieczny,
- zabezpieczenie wszystkich ruchomych elementów, aby nie stanowiły zagrożenia dla osób obserwujących pokaz oraz dla osoby (lub osób) prowadzącej symulację.

### **Dopracowanie szczegółów konstrukcyjnych, wykonanie symulatora oraz testowanie**

Wszystkie szczegóły konstrukcyjne zostały ujęte w formie jednolitego projektu, wykonanego w całości przez zespół projektowy Zakładu Procesów Diagnostyczno-Obsługowych w Instytucie Transportu Samochodowego.

Wykonanie symulatora zostało natomiast zlecone firmie zewnętrznej. Został on w całości wykonany zgodnie z projektem, a następnie przywieziony

do Instytutu Transportu Samochodowego. Tutaj też odbyły się jego testy – prowadzone przez zespół projektowy.

Symulator został uznany za sprawny, spełniający wszystkie wymogi i oddany do użytkowania we wrześniu 2010 roku.

