

Rekonstrukcja zderzenia pojazdów na różnych nawierzchniach drogi

Wiesław Szada-Borzyszkowski, Monika Szada-Borzyszkowska

Streszczenie

W artykule przedstawiono rodzaje zderzeń drogowych występujących podczas wypadku. Scharakteryzowano czynniki mające wpływ na bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Przeprowadzono rekonstrukcję zderzenia bocznego dwóch pojazdów osobowych przy różnych nawierzchniach drogi suchej, mokrej oraz oblodzonej. Przedstawiono wielkości przemieszczeń, tory i kierunki ruchu po zderzeniu na różnej nawierzchni. Zaprezentowano również analizę prędkości pojazdów po zderzeniu.

Słowa kluczowe: wypadek drogowy, zderzenie boczne pojazdów, rekonstrukcja

Wstęp

Szybki postęp cywilizacyjny XXI wieku oraz rosnąca liczba ludności, przyczyniły się do rozwoju motoryzacji, a tym samym bezpieczeństwa związanego z ruchem drogowym. Wzrost natężenia ruchu drogowego spowodował, że na drogach jest coraz mniej miejsca. Powoduje to zwiększenie ryzyka wystąpienia zdarzeń drogowych, w których najczęściej poszkodowani są ludzie. Konstruktorzy pojazdów prześcigają się w tworzeniu systemów, które poprawią bezpieczeństwo kierowcy, pasażerów i innych użytkowników dróg.

Sprawcą większości wypadków jest człowiek. Sposobem zmniejszenia tego zagrożenia jest wprowadzanie elektronicznych układów zabezpieczających przed skutkami wypadku drogowego. Kiedy zawiodą systemy bezpieczeństwa, a kierowca podejmie niewłaściwą decyzję lub podejmie ją zbyt późno, może dojść do tragicznego w skutkach wypadku. Zebranie wszystkich informacji na jego temat pozwala na stworzenie procesu rekonstrukcji oraz modelu, dzięki któremu można odtworzyć zaistniałe zdarzenia. Przeprowadzenie procesu rekonstrukcji opiera się głównie na wykorzystaniu praw fizyki, które zachodzą podczas ruchu pojazdów. Dzięki programom komputerowym istnieje możliwość przeprowadzenia symulacji wypadku, obliczeń ułatwiających jego rekonstrukcję czy też analizę czasowo-przestrzenną. Ilość takich zdarzeń wpływa na zapotrzebowanie specjalistów w tej dziedzinie nauki. Postęp techniczny i zaawansowana technologia pozwala na zaprojektowanie takiego oprogramowania, do którego obsługi wystarczy jedna osoba. Rekonstrukcja przebiegu zdarzenia jest skomplikowanym procesem intelektualnym, mająca na celu odtworzenie krok po kroku zaistniałego zdarzenia komunikacyjnego, a tym samym poznania jego przyczyny oraz sprawcy zdarzenia.

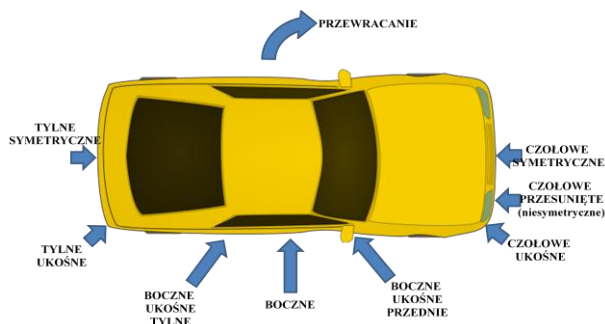
1. Wypadek drogowy

Wypadek drogowy jest to pewien proces, zależnych od siebie ciągu zdarzeń, który występuje w ograniczonym obszarze i w określonym przedziale czasu. Wypadek drogowy z technicznego punktu widzenia jest to wynik pewnej liczby elementów czy czynników, które funkcjonując zgodnie

z prawami fizyki, spowodowały zdarzenie drogowo, to znaczy, że przynajmniej jeden z uczestników ruchu drogowego nie mógł kontynuować prowadzenia pojazdu po wcześniejszym zamierzonym torze.

„Prawo o ruchu drogowym” nie określiło definicji wypadku drogowego. Jednak, jak wynika z kilku przepisów, wypadkiem drogowym jest zdarzenie drogowo, w którym są zabiłi i ranni. W międzynarodowej terminologii pojęcie „wypadek drogowy” dotyczy najczęściej zdarzeń, które spowodowały obrażenia u ludzi.

Norma ISO 6813 wydzieliła cztery podstawowe rodzaje zderzeń samochodowych: czołowe, tylne, boczne i inne. W ostatnim wymienionym rodzaju umieszczono m. in. pożar i przewracanie. Zderzenie pojazdów ze względu na ich lokalizację zaprezentowano na rys. 1 [2].



Rys. 1. Podział zderzeń samochodów ze względu na ich lokalizację [3]

Skłasyfikowanie zderzeń pojazdów uczestniczących w zdarzeniu drogowym w znacznym stopniu ułatwia analizę wypadków drogowych oraz stanowi podstawę do wykonania prawidłowej rekonstrukcji.

Najczęstszą przyczyną wypadków drogowych wynika z winy kierującego pojazdem. Głównie jest to niedostosowanie prędkości pojazdu do warunków ruchu, nieprzestrzeganie pierwszeństwa oraz nieprawidłowe zachowanie się wobec pieszego. Najczęstszymi przyczynami wypadków z winy

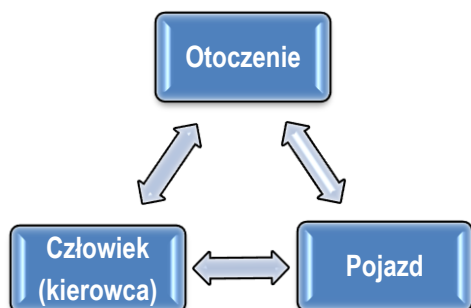
pieszych jest wejście na jezdnię bezpośrednio przed jadącym pojazdem, wejście na jezdnię z tyłu pojazdu, przeszkody, przekraczanie jezdni w niedozwolonym miejscu czy też wejście na jezdnię przy zapalonym czerwonym świetle. Jedynie niewielka ilość wypadków wynika z winy pasażera. Kolejną grupę stanowią wypadki z powodu niesprawności pojazdu, wśród których najważniejsze to usterki układu hamulcowego oraz kierowniczego, braki w ogumieniu, braki w oświetleniu i inne niespodziewane usterki. Wypadki mogą wystąpić również z przyczyn innych, takich jak: niesprawna lub nieprawidłowo działająca sygnalizacja świetlna; obiekty, zwierzęta na drodze; pożar pojazdu; zasłabnięcie kierującego; nieprawidłowe zabezpieczone roboty na drodze; niewłaściwa organizacja ruchu; oślepienie przez słońce czy inny pojazd; przyczyny nieustalone oraz inne. Wszystkie dane dotyczące wypadków stawiają człowieka jako główną przyczynę powstawania wypadków. W większości z nich dałoby się uniknąć gdyby nie rozważa i brawura kierujących. To za wysoką ceną jaką płacimy za postęp motoryzacji przy niewspółmiernych zmianach zachodzących w świadomości uczestników ruchu na temat kultury, tolerancji na drodze i zagrożeń wypadkami, a także rozwoju infrastruktury drogowej [3].

2. System C-P-O

Transport samochodowy w Polsce jak i na świecie wiąże się z dużym ryzykiem podróżowania. Wg statystyk w tej gałęzi transportu dochodzi do największej ilości zdarzeń, w której są zabici i ranni. Do czynników mających wpływ na bezpieczeństwo w ruchu drogowym należą:

- odpowiedzialność kierowców;
- wychowywanie młodego społeczeństwa do zachowań prawidłowych na drodze;
- stan infrastruktury drogowej;
- normy prawne infrastruktury drogowej;
- budowa i właściwości jezdni pojazdów;
- profesjonalizm organizatorów ruchu drogowego.

Nie przestrzeganie ich może w znacznym stopniu wpłynąć na bezpieczeństwo, a w konsekwencji doprowadzić do wypadku. Czynniki te coraz częściej są analizowane jako oddziaływania w systemie Człowiek-Pojazd-Otoczenie (C-P-O) [4,1]. Powiązania pomiędzy poszczególnymi elementami systemu zostały zaprezentowane na rys. 2.



Rys. 2. System Człowiek-Pojazd-Otoczenie (C-P-O)

Elementy te mogą oddziaływać między sobą w sposób jednokierunkowy, wielokierunkowy oraz ze sprzężeniem zwrotnym. Analizując powiązania systemu, stwierdzić należy, że w dalszym ciągu najbardziej odpowiedzialny za prowadzenie pojazdu oraz i skutki ruchu jest człowiek.

Pojazd to jego stan techniczny, wymiary, masa, stateczność i kierowność, właściwości dynamiczne, odporność na

uderzenia, kształty zewnętrzne i wewnętrzne, efektywność hamowania, odkształcalność części, kolor, widoczność i oświetlenie pojazdu, widoczność z miejsca kierowcy.

Otoczenie to właściwości i kształt nawierzchni, natężenie ruchu, oznakowanie i jego widoczność, infrastruktura drogowa, zachowanie się uczestników ruchu drogowego, pora dnia, oświetlenie, poziom hałasu, stan otoczenia drogi, temperatura, ruch powietrza, jego przejrzystość.

Człowiek to umiejętności, wiedza, doświadczenie, stan psychiczny, stan fizyczny, zdolność orientacji, zdolność postrzegania, koncentracja uwagi, szybkość działania, opanowanie, kultura, cechy antropologiczne, pozycja w czasie wypadku.

Usystematyzowanie elementów C – P – O pomaga w określeniu i znalezieniu istotnych czynników wpływających na powstanie i realny przebieg wypadku. Przyjęta klasyfikacja systemowa w trakcie odtwarzania rzeczywistego przebiegu zdarzenia drogowego, pozwala na ustalenie związków przyczynowo – skutkowych, które przyczyniły się do powstania, analizowanego wypadku [4,1].

3. Fazy wypadku drogowego

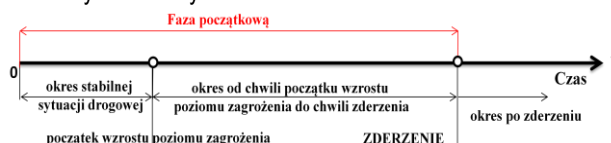
We wszystkich wypadkach drogowych można wydzielić określone fazy przebiegu zderzenia pojazdów, które są charakterystyczne z punktu widzenia analizy tego procesu. Do podstawowych faz w układzie chronologicznym takiego wypadku należą:

- okres przed powstaniem zagrożenia wypadkiem, w którym to pojazdy nie zagrażają sobie wzajemnie i poruszają się zazwyczaj ze stałymi prędkościami początkowymi. Jest to tzw. okres stabilnej sytuacji na drodze,
- okres wzrostu poziomu zagrożenia powstania wypadku, w którym to pojazdy znajdujące się w określonych miejscach na drodze i poruszające się po wyznaczonym torze, z określoną prędkością mogą wskazywać możliwość bezpośredniego kontaktu,
- okres od chwili początku powstania stanu zagrożenia do chwili zdarzenia (kolizji).

Istniejące zdarzenia każdego z tych etapów, dotyczą wszystkich elementów i czynników systemu C – P – O. W etapach tych występują zdarzenia elementarne, które można uznać jako przyczyny, skutki i towarzyszące temu okoliczności. Ważną sprawą w procesie rekonstrukcji jest fakt, że informacje w większości pochodzą z okresu zderzenia i po zderzeniu. Przyczyn tego zderzenia należy przede wszystkim poszukać w okresie przed narastaniem poziomu zagrożenia. Proces przebiegu zdarzenia drogowego można podzielić na następujące fazy:

- początkową,
- kulminacyjną,
- końcową.

Poszczególne fazy wypadku drogowego zaprezentowano schematycznie na rys. 3.



Rys. 3. Fazy wypadku drogowego

Rekonstrukcja zdarzenia drogowego polega na odtworzeniu, w kolejności odwrotnej niż przebiegały one

w rzeczywistości, faz jego przebiegu. Od położenia końcowego pojazdów, kiedy to pojazdy się zatrzymały, poprzez „cofanie pojazdów do tyłu”, dąży się do ustalenia oraz wyznaczenia: położenia pojazdów na drodze, kierunków jazdy, wartości ich prędkości (każdej fazy zdarzenia drogowego, a w szczególności w chwili poprzedzającej bezpośrednio powstanie zagrożenia wypadkiem). Mając taką wiedzę na ten temat, można ustalić, który z uczestników ruchu drogowego jest sprawcą zdarzenia drogowego, w jaki sposób to zrobił, czy reakcje, manewry pojazdem przez kierującego były prawidłowe, czy uczestnicy mogliby uniknąć, zapobiec temu zdarzeniu, czy przekroczenie prędkości przez kierujących pojazdami w miejscu zdarzenia skutkowało zderzeniem się pojazdów.

3. Rekonstrukcja wypadku drogowego

W procesie rekonstrukcji zdarzeń drogowych wykorzystuje się różne programy, które ułatwiają analizę problemów występujących podczas zdarzeń komunikacyjnych. Programy symulacyjne umożliwiają w znacznym stopniu rozwiązanie grupy zagadnień. Do prawidłowo wykonanej symulacji niezbędna jest osoba o znajomości oprogramowania oraz zgromadzonych wcześniej, dużej ilości danych dotyczące zdarzenia [5]. Należy pamiętać, że wiele danych ze zdarzenia drogowego obciążone jest znacząco niepewnością (prędkość ruchu pieszego, wymiary liniowe i kątowe, współczynnik przyczepności, moment naciśnięcia na pedał hamulca, czasowy przebieg obrotu kierownicy itd.). Do wyników analizy zawsze lepiej podchodzić ostrożnie, mając na uwadze niepewność wyników. W pierwszym rzędzie o jakości rezultatów

rekonstrukcji wpływa jakość zgromadzonych danych oraz doświadczenie, spostrzegawczość i wiedza osoby dokonującej analizę, a nie stopień rozbudowy programu komputerowego.

Rekonstrukcja przebiegu zdarzenia bocznego dwóch samochodów osobowych, przy różnych stanach nawierzchni (sucha, mokra i oblodzona) została przeprowadzona przy użyciu oprogramowania V-SIM. Dzięki tej aplikacji można w dowolny sposób ingerować w otoczenie miejsca zdarzenia drogowego oraz sterować ruchem pojazdów. Daje to możliwość odtworzenia zdarzenia drogowego zgodnie z panującymi warunkami atmosferycznymi oraz odtworzenie rzeczywistego toru ruchu pojazdów. Ponadto można zasymulować różne warianty, dzięki którym przedstawić można różne przebiegi symulacji, a przy tym uwidocznią stopień zniszczeń oraz tor ruchu pojazdów po zderzeniu. Istnieje również możliwość wykonania symulacji, dającą obraz sytuacji, w jaki sposób można by uniknąć zdarzenia drogowego poprzez wprowadzanie dodatkowych czynników i zadań. Właściwie wykonana symulacja oraz jej analiza może dać odpowiedź co do przyczyn oraz wskazać winnego zaistniałego zderzenia.

Symulacja rekonstrukcji zderzenia bocznego dwóch pojazdów wykonana została dla określonych warunków drogowych jako teren zabudowany oraz skrzyżowanie dróg równorzędnych. Do zderzenia dwóch samochodów osobowych dochodzi na nawierzchni drogi suchej, mokrej i oblodzonej. W zderzeniu uczestniczą pojazdy marki Skoda Felicia oraz Opel Astra. Parametry techniczno-konstrukcyjne obu pojazdów zaprezentowane zostały w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry techniczno-konstrukcyjne pojazdów uczestniczących w zderzeniu

| Parametry | Pojazd A: Skoda Felicia II Hatchback 1.3i GLX 97 | Pojazd B: Opel / Vauxhall Astra B Caravan 1.6 100 |
|-------------------------------------|---|---|
| Dane ogólne | | |
| Wymiary nadwozia | dl. 3855; szer. 1635; wys. 1415 mm | dl. 4288; szer. 1709; wys. 1510 mm |
| Rozstaw osi | 2450 mm | 2611 mm |
| Rozstaw kół | przód: 1420; tył: 1380 mm | przód: 1484; tył: 1452 mm |
| Układ kierowniczy | | |
| Kierowalna oś | przednia | przednia |
| Przełożenie przekładni kierowniczej | 1:20 | 1:17 |
| Układ Ackermana | tak | tak |
| Układ hamulcowy | | |
| Skuteczność hamulca zasadniczego | 10,8 kN | 15,5 kN |
| Posiada układ ABS | nie | tak |
| Sprawność hamulców | PL 50%, PP 50%, TL 100%, TP 100% | PL 70%, PP 70%, TL 100%, TP 100% |
| Opony i koła | | |
| Model koła ogumionego oparty na: | TM-easy | TM-easy |
| Ogumienie | 165/70 R13 79 | 185/65 R15 88 |
| Nadwozie | | |
| Sztywność nadwozia | kompresja 456, restytucja 456 kN/m | kompresja 610, restytucja 610 kN/m |
| Współczynnik tarcia | od 0,20 na powierzchni do 5,00 na głębokości 0,50 m i głębiej | od 0,20 na powierzchni do 5,00 na głębokości 0,50 m i głębiej |
| Wysokość pkt. przyłożenia siły | od 0,58 m w centrum do 0,43 w odł. 2,00 m | Od 0,62 m w centrum do 0,47 w odł. 2,70 m |
| Kierowca | | |
| Max prędkość obrotu kierownicą | 350°/s | 350°/s |
| Masa pasażerów | | |
| Kierowca | 68 kg | 68 kg |
| Parametry masowe | | |
| Masa całkowita | 998 kg | 1313 kg |

Dla każdej symulacji rekonstrukcji zderzenia zaprojektowany został model sytuacyjny wykonany w programie Cyborg Idea V-SIM, umożliwiający zmianę globalnych oraz lokalnych parametrów środowiska, w którym doszło do zderzenia pojazdów. Dzięki aplikacji możliwe jest wykonanie symulacji ruchu pojazdów mechanicznych w niejednorodnym środowisku uwzględniając zasady dynamiki. Oprócz symulacji ruchu program V-SIM daje możliwość wykonania analizy przebiegu oraz skutków

zderzeń pojazdów pomiędzy sobą [6].

Symulacje wszystkich rodzajów zderzeń pojazdów odbyły się przy trzech stanach nawierzchni (sucha, mokra i oblodzona) o jednakowych dla każdego rodzaju parametrach stanu nawierzchni zaprezentowanych w tabeli 2.

Tabela 2. Aktywne elementy środowiska

| Aktywne elementy środowiska | |
|--|--|
| Nawierzchnia sucha | |
| Rodzaj i parametry nawierzchni (jezdni, pobocze) | Suchy asfalt, μ : 0,80/0,75, opory: 0,015 |
| Obszar innej nawierzchni (chodnik, droga rowerowa) | Sucha kostka brukowa czysta, μ : 0,75/0,70, opory: 0,020 |
| Obszar innej nawierzchni (trawnik) | Suchy trawnik, μ : 0,40/0,40, opory: 0,020 |
| Nawierzchnia mokra | |
| Rodzaj i parametry nawierzchni (jezdni, pobocze) | Mokry asfalt, woda: 3 mm, μ : 0,60/0,50, opory: 0,015 |
| Obszar innej nawierzchni (chodnik, droga rowerowa) | Mokra kostka brukowa czysta, woda: 3 mm, μ : 0,45/0,40, opory: 0,020 |
| Obszar innej nawierzchni (trawnik) | Mokry trawnik, woda: 0 mm, μ : 0,30/0,30, opory: 0,020 |
| Nawierzchnia oblodzona | |
| Rodzaj i parametry nawierzchni (jezdni, pobocze) | Suchy lód, μ : 0,10/0,10, opory: 0,020 |
| Obszar innej nawierzchni (chodnik, droga rowerowa) | Suchy lód, μ : 0,10/0,10, opory: 0,020 |
| Obszar innej nawierzchni (trawnik) | Suchy śnieg, μ : 0,25/0,20, opory: 0,020 |

Dla tak scharakteryzowanych warunków przeprowadzone zostały symulacje komputerowe poszczególnych zderzeń pojazdów.

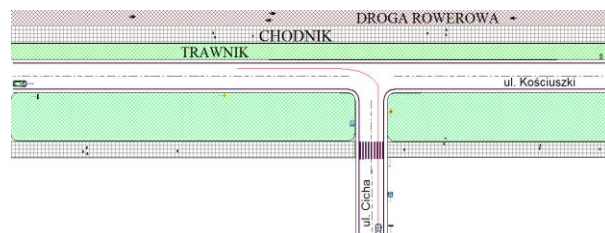
Tabela 3. Warunki początkowe oraz zadania w procesie symulacji zderzenia bocznego

| Warunki początkowe oraz zadania | Pojazd A Skoda Felicia II Hatchback 1.3i GLX 97 | Pojazd B Opel / Vauxhall Astra B Caravan 1.6 100 |
|---------------------------------|--|---|
| Warunki początkowe | | |
| Prędkość pojazdu | 67 km/h | 25 km/h |
| Zadania | | |
| Tor ruchu | Linia prosta-po pasie ruchu | Wytoczony wg 4 punktów |
| Hamowanie | Od 5,1 sekundy symulacji – bezwzgl. 100% | Od 5,1 sekundy symulacji – bezwzgl. 100% |

Do zdarzenia drogowego pojazdów dochodzi w terenie zabudowanym, na skrzyżowaniu dróg równorzędnych. Początkowe warunki oraz zadania dla poszczególnych pojazdów scharakteryzowano w tabeli 3.

Pojazd A jadący ul. Kościuszki nie ustąpił pierwszeństwa jadącemu ul. Cichą pojazdowi B wskutek czego doszło do zderzenia bocznego pojazdów. Do kolizji samochodów doszło na wysokości skrzyżowania obu ulic, na prawym pasie ruchu.

Ogólny plan sytuacyjny miejsca zdarzenia drogowego zaprojektowany w programie V-SIM zaprezentowano na rys. 4.



Rys. 4. Plan miejsca zderzenia bocznego dwóch samochodów osobowych zaprojektowanych w programie V-Sim

Zderzenie boczne pojazdów skutkuje powstaniem odmiennych wielkości deformacji karoserii w obu pojazdach.

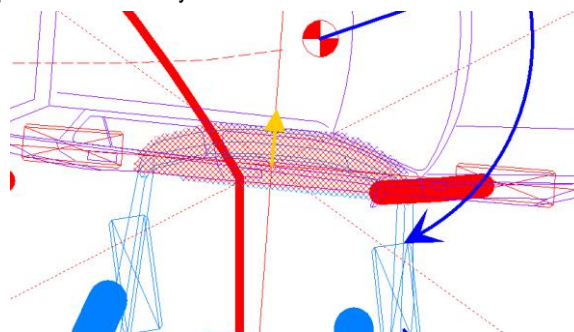
4. Wyniki symulacji rekonstrukcji

W wyniku zderzenia bocznego w jednym z pojazdów odkształceni ulegną przednie elementy jego karoserii, natomiast w drugim pojeździe odkształceni ulegną elementy boczne. Wielkość poszczególnych uszkodzeń zależna będzie od rodzaju pojazdu oraz warunków w jakim doszło do zderzenia. W tabeli 4 zaprezentowano zakres powstałych uszkodzeń przy zderzeniu bocznym.

Tabela 3. Uszkodzenia pojazdów przy zderzeniu bocznym na różnych nawierzchniach drogi

| Głębokość deformacji | Pojazd A | | | Pojazd B | | |
|--|---|---------------------|--------|---|--------|--------|
| | Rodzaj nawierzchni | | | | | |
| | sucha | mokra | oblodz | sucha | mokra | oblodz |
| | 143 mm | 152 mm | 188 mm | 247 mm | 247 mm | 247 mm |
| Maksymalna objętość pokrycia sylwetek | | | | | | |
| Rodzaj nawierzchni | sucha | 0,22 m ³ | | | | |
| | mokra | 0,23 m ³ | | | | |
| | oblodz | 0,31 m ³ | | | | |
| Współczynnik restytucji | | | | | | |
| Rodzaj nawierzchni | sucha | 1 | | | | |
| | mokra | 0,95 | | | | |
| | oblodz | 0,78 | | | | |
| Uszkodzone elementy | drzwi przód i tył pasażera, słupek boczny oraz próg | | | drzwi przód i tył pasażera, słupek boczny oraz próg | | |

Przykład wielkości deformacji pojazdów powstałych po bocznym zderzeniu pojazdów na oblodzonej nawierzchni zaprezentowano na rys. 5.



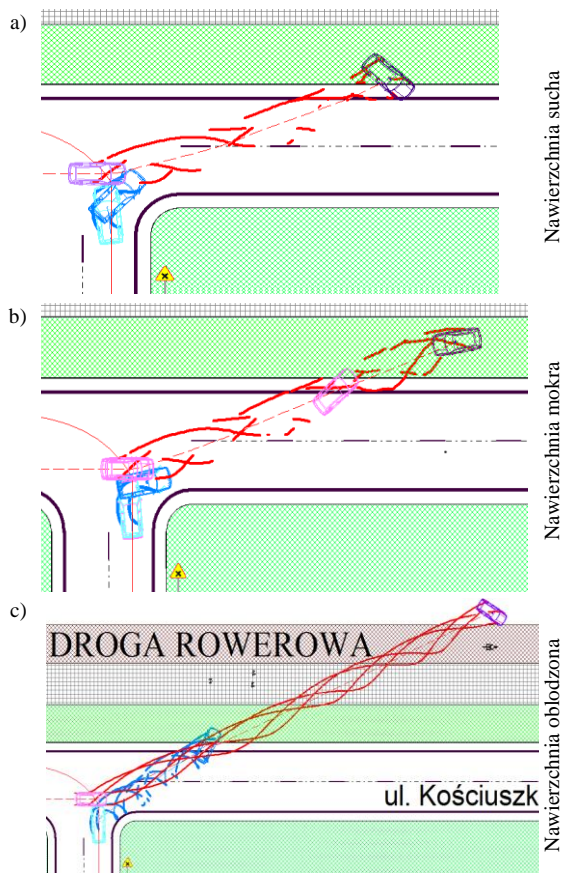
Rys. 5. Przykładowa głębokość deformacji pojazdów po bocznym zderzeniu na oblodzonej nawierzchni

Pojazdy po zderzeniu bocznym w wyniku działających na nie sił na nawierzchni suchej, mokrej i oblodzonej, o aktywnych elementach środowiska zaprezentowanych w tabeli 2, wykonały obrót wokół własnej osi oraz uległy przemieszczeniu się z miejsca zderzenia. Poszczególne przemieszczenia pojazdów zostały przedstawione w tabeli 4.

Tabela 4. Przemieszczenia pojazdów po zderzeniu

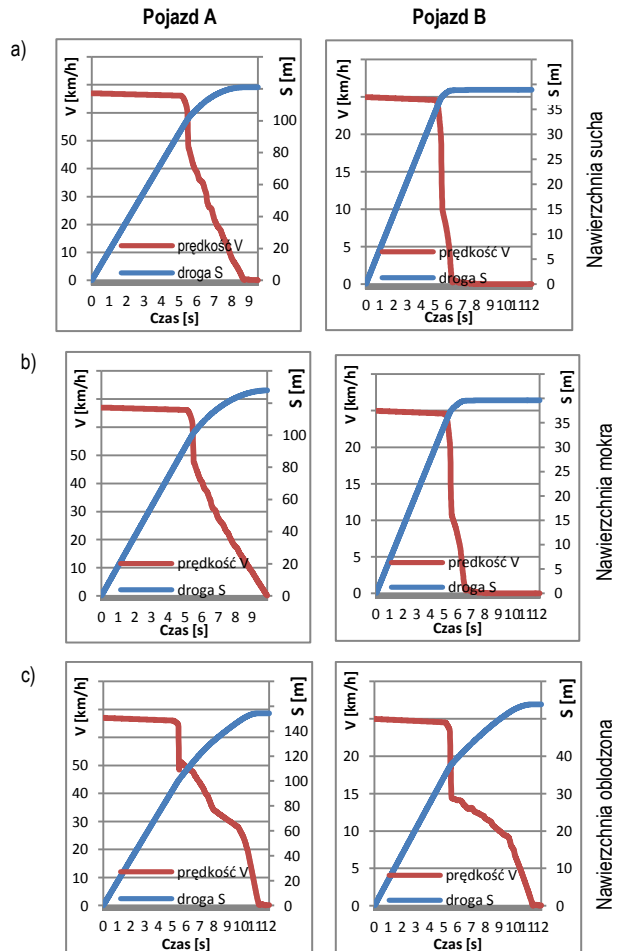
| Parametry pojazdów zmierzone po zderzeniu bocznym na różnych typach nawierzchni | Pojazd A | Pojazd B |
|---|----------|----------|
| Nawierzchnia sucha | | |
| Przemieszczenie się pojazdu z miejsca zderzenia [m] | 19,45 m | 2,42 m |
| Obrót wykonany wokół własnej osi po zderzeniu [°] | 411,7° | 49,8° |
| Nawierzchnia mokra | | |
| Przemieszczenie się pojazdu z miejsca zderzenia [m] | 24,24 m | 3,33 m |
| Obrót wykonany wokół własnej osi po zderzeniu [°] | 530,7° | 84,2° |
| Nawierzchnia oblodzona | | |
| Przemieszczenie się pojazdu z miejsca zderzenia [m] | 53,65 m | 17,15 m |
| Obrót wykonany wokół własnej osi po zderzeniu [°] | 752,5° | 752,8° |

Poglądowe tory i kierunek ruchu pojazdów po zderzeniu bocznym na różnych nawierzchniach przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Sylwetki usytuowania pojazdów przed, w trakcie i po zderzeniu bocznym na nawierzchni a) suchej; b) mokrej; c) oblodzonej

Wraz ze zmianą warunków otoczenia droga hamowania oraz prędkość przemieszczania się poszczególnych pojazdów była różna. Na rys. 7 przedstawiono zależność prędkości oraz przebytej drogi pojazdów jazdy A (Skoda Felicia) oraz pojazdu B (Opel Astra) w funkcji czasu przy trzech różnych stanach nawierzchni tj. suchej, mokrej i oblodzonej.



Rys. 7. Wykres zależności zmiany prędkości oraz przebytej drogi w czasie przez pojazdy podczas zderzenia bocznego na nawierzchni a) suchej, b) mokrej; c) oblodzonej

Pojazd A znajdujący się na ul. Kościuszki poruszał się ze stałą prędkością początkową wynoszącą 67 km/h. Po przybyciu około 100 m w czasie 5,4 sek. symulacji nastąpiło zderzenie boczne z pojazdem B (Opel Astra), który w tym czasie przejechał ul. Cichą ze stałą prędkością początkową 25 km/h około 37m. W chwili zderzenia prędkość obu pojazdów gwałtownie spadła. Dla pojazdu A jadącego ul. Kościuszki w chwili zderzenia prędkość spadła z 67 km/h do 48 km/h, a następnie malała stopniowo do całkowitego zatrzymania się pojazdu. Natomiast pojazd B jadący ul. Cichą w momencie zderzenia z prędkości 25 km/h zwolnił na nawierzchni suchej i mokrej do 10 km/h, a na nawierzchni oblodzonej do około 14 km/h po czym jego prędkość również dynamicznie malała aż do całkowitego zatrzymania się pojazdu. Opóźnienie pojazdów zależne jest od rodzaju nawierzchni, po której się poruszają. Im

większy współczynnik przyczepności nawierzchni po której poruszał się pojazd tym prędkość pojazdów po zderzeniu malała szybciej aż do całkowitego zatrzymania się.

Podczas zderzenia bocznego pojazdów następuje wyzwolenie dużej siły niszczącej karoserii, a tym samym zagrażającej zdrowiu uczestnikom wypadku. Najczęstszymi obrażeniami będącymi następstwem zderzenia bocznego są urazy głowy, szyi i klatki piersiowej. Często dochodzi do urazów miednicy i brzucha. Kierowca i pasażerowie mogą zostać uderzeni przez zdeformowane czy odkształcone drzwi.

5. Podsumowanie

Podczas rekonstrukcji zderzenia bocznego pojazdów stwierdzono, że droga hamowania dla obu pojazdów, niezależnie od swoich prędkości, jest dłuższa na nawierzchniach o małym współczynniku przyczepności. Najdłuższa droga hamowania występuje na nawierzchni oblodzonej oraz mokrej; najkrótsza zaś na nawierzchni suchej. Również parametr dotyczący obrotu pojazdów wokół własnej osi po zderzeniu uzależniony jest od współczynnika przyczepności. Im większy współczynnik tym pojazd wykonuje mniej obrotu wokół własnej osi. Następnym parametrem uwidaczniającym różnice na różnych stanach nawierzchni jest prędkość w chwili zderzenia się pojazdów oraz przebyta droga w czasie hamowania. Bezpośrednio po zderzeniu się pojazdów prędkość pojazdu A maleje do 48 km/h, a pojazdu B do około 10 km/h na nawierzchni suchej i mokrej i do 14 km/h na nawierzchni oblodzonej.

Przeprowadzona również analizę zderzeń umożliwiającą poznanie tego co mogło być przyczyną zdarzenia drogowego oraz jakie były szanse uniknięcia zdarzenia, poprzez wykonanie określonych manewrów obronnych. Zderzenia bocznego pojazdów można by uniknąć zmniejszając prędkość pojazdu A do wartości dopuszczalnej w terenie zabudowanym. Również do zdarzenia drogowego nie doszłoby gdyby kierowca moment hamowania rozpoczął wcześniej o zaledwie 0,3 s (na nawierzchni suchej). Zatem czas reakcji kierowcy ma bardzo duże znaczenie czy dojdzie do zdarzenia komunikacyjnego.

Długość dróg hamowania przy sprawnym układzie hamulcowym jest krótsza. Największe różnice możemy zauważyć na nawierzchni suchej.

Na uniknięcie zdarzeń drogowych ma wpływ wiele czynników, zależnych zarówno od człowieka, stanu technicznego pojazdu jak i warunków atmosferycznych. Najprostszym rozwiązaniem jest dostosowanie odpowiedniej prędkości do oznakowania terenu oraz warunków atmosferycznych. Dużą rolę odgrywa tu również czas reakcji kierowcy, który reagując wcześniej o kilka dziesiątych sekund jest w stanie uniknąć zderzenia. Znaczenie ma tu również stan techniczny pojazdu (układ hamulcowy), którego sprawność skraca drogę hamowania a tym samym umożliwia uniknięcia zderzenia.

Bibliografia

- [1] Chłopek Z. Ekologiczne aspekty motoryzacji i bezpieczeństwo ruchu drogowego. Warszawa 2012. s. 163-173, 185-195.
- [2] Prochowski L., Unarski J., Wach W., Wicher J. Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 2008. s. 360.
- [3] Diagnostyka, mechatronika, rzeczoznawstwo samochodowe i ubezpieczenia. Opis i rekonstrukcja wypadków drogowych, materiały szkoleniowe dla uczestników studiów podyplomowych wydawnictwo Wojskowa Akademia Techniczna i Politechnika Warszawska, Warszawa 2006.
- [4] Prochowski Leon, Unarski Jan, Wach Wojciech, Wicher Jerzy, „Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych”, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
- [5] Pawelec K., Diupero T., „Rekonstrukcja wypadku i zderzenia drogowego”, Dom Wydawniczy ABC, Warszawa 2006.
- [6] Cyborg Idea V-SIM 2.0, Symulacja ruchu i zderzeń pojazdów samochodowych, instrukcja użytkownika, Kraków 2007.

Reconstruction of vehicle collision on different road surfaces

Abstract

The article presents the types of traffic collisions that occur during an accident. Presents the factors affecting road safety. Reconstruction was carried out of a side collision of two cars on various road surfaces dry, wet or icy. Shows the size of shipments, track and directions of motion after the collision on different surfaces. It also presents an analysis of the speed of vehicles after the collision.

Key words: traffic accident, vehicle side impact, reconstruction.

Autor:

Dr inż. **Wiesław Szada-Borzyszkowski** – Politechnika Koszalińska

Mgr inż. **Monika Szada-Borzyszkowska** – Politechnika Koszalińska