

Piotr FUNDOWICZ<sup>1</sup>  
Rafał PODSIADŁO<sup>2</sup>

### **REKONSTRUKCJA WYPADKU Z UDZIAŁEM MOTOCYKLA**

*W artykule przedstawiono rekonstrukcję wypadku z udziałem motocykla. Rekonstrukcje wypadków z udziałem motocykli często są bardziej złożone niż typowe zderzenia samochodów. Motocykl wraz z kierującym stanowią układ dwóch mas, z pasażerem – trzech. W związku z tym niejednokrotnie nie można zastosować typowych metod obliczeniowych opartych na zasadzie zachowania pędu dwóch mas. Dodatkowo bardzo często ruchu motocykla nie można rozpatrywać jako typowego ruchu płaskiego, a taki ruch założony jest w większości programów służących do wspomaganie rekonstrukcji wypadków drogowych.*

*Opisany przypadek nie był bardzo złożony pod względem analizy. Główny problem polegał na skąym materiale dowodowym i braku materiału porównawczego do analizy ruchu motocykla w kontakcie z żywopłotem.*

### **RECONSTRUCTION OF A MOTORCYCLE ACCIDENT**

*The reconstruction of a motorcycle accident is more complicated than a reconstruction of a car accident. This is because a motorcycle with the motorcyclist are comprising a dynamic system with two mass-centers, or three if there is a passenger involved. Because of this setup one cannot utilize standard dynamics calculation methodology based on the principle of the two mass momentum conservation – the motorcycle movement cannot be described as a plane motion, which is by default used in most of the accident reconstruction software.*

*This paper describes a reconstruction of a motorcycle accident and extra steps needed vs the analysis of a car accident.*

*Although calculation involved in the analysis of the given motorcycle accident was not particularly complicated, the main problem was poor accident documentation and lack of comparable data describing the case of a motorcycle hitting a hedge.*

---

<sup>1</sup> Dr inż. Politechnika Warszawska, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych, ul. Narbutta 84  
tel: +48 22 234 8545, e-mail: pfundow@simr.pw.edu.pl

<sup>2</sup> Dr inż. Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki, 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.  
tel: + 48 48 361-77-51, e-mail: r.podsiadlo@pr.radom.pl

## 1. WSTĘP

Dla większości z nas prowadzenie motocykla jest przyjemne. Część społeczeństwa traktuje to jako hobby. Niestety jazda motocyklem jest nie tylko przyjemna, ale również niebezpieczna. Od kierowców motocykli wymaga się większej uwagi, szczególnie na naszych drogach. Współczesne konstrukcje motocykli pozwalają na uzyskiwanie dużych prędkości, dochodzących nawet do 250km/h, a nawet 300km/h. Zatrzymanie motocykla z takiej prędkości wymaga odpowiednio długiego odcinka drogi. Większość wypadków z udziałem motocykli jest spowodowana brawurą jazdą oraz niedostosowaniem się do przepisów ruchu drogowego.

Według danych Komendy Głównej Policji, w 2009 roku w Polsce miały miejsce 44 193 wypadki, w których zginęły 4 573 osoby, a 56 042 użytkowników dróg zostało rannych. 290 kierowców oraz pasażerów motocykli straciło życie, a 2294 odniosło obrażenia. Kierowcy motocykli spowodowali 1151 wypadków. Na jednośladach o pojemności mniejszej, niż 50 cm<sup>3</sup> zginęło 68 osób. 2221 użytkowników motorowerów zostało rannych, spowodowali oni przy tym 1023 wypadki.

W statystykach z roku 2008 wynika, że zginęło 193 motocyklistów, a obrażenia odniosło 1351. Byli oni sprawcami 1195 wypadków.

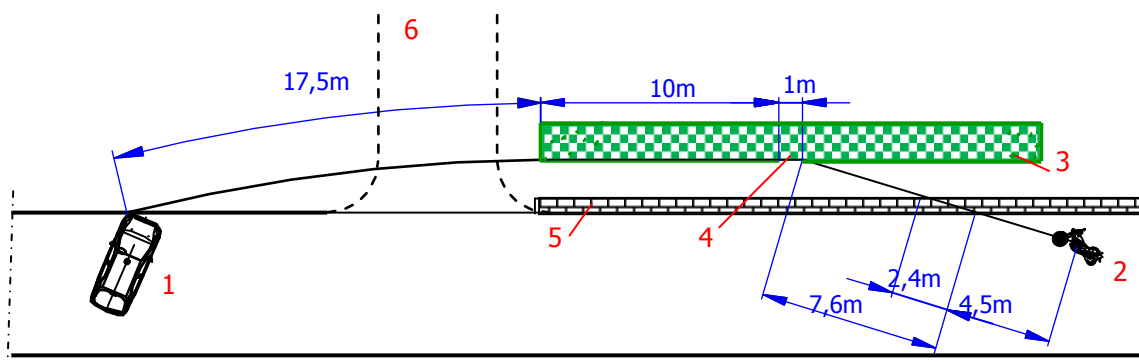
## 2. MIEJSCE I SPOSÓB POWSTANIA KOLIZJI

Do kolizji doszło na bocznej uliczce, warunki pogodowe były dobre (słoneczny dzień, temperatura około 20°C). Jeden z pojazdów stojących w kolumnie wyjechał z niej i rozpoczął manewr zawracania. W chwili, gdy dojechał do krawężnika po lewej stronie jezdni, „otarł” się o lewy narożnik jego przedniego zderzaka motocykl typu chopper nadjeżdżający z tyłu pojazdu. Kierujący motocyklem stracił panowanie nad pojazdem, zjechał na pobocze, a następnie otarł się o żywopłot przy ogrodzeniu posesji, co doprowadziło do obrócenia motocykla i jego wywrócenia. W wyniku utraty stateczności ruchu, kierowca i pasażer motocykla zostali wyrzuceni i doznali poważnych obrażeń nóg. Kierujący motocyklem, który jechał z 10-letnim pasażerem, zeznał, że poruszał się środkiem swojego pasa ruchu, rozpoczął wyprzedzanie kolumny pojazdów, a samochód nagle wyjechał z piskiem opon z kolumny i wszystko, co mógł zrobić, to rozpocząć hamowanie i zmienić tor ruchu. W efekcie motocykl nie uderzył w samochód, ale otarł się stopką podnóżka o narożnik zderzaka samochodu. Kierujący samochodem natomiast wyjaśnił, że w chwili, gdy rozpoczął manewr zawracania, motocykl był niewidoczny, a zauważył go, jak z dużą prędkością przejechał przed jego pojazdem, po czym uderzył w żywopłot i się przewrócił. W chwili uderzenia w żywopłot, kierowca motocykla i jego pasażer zostali wyrzuceni do przodu.

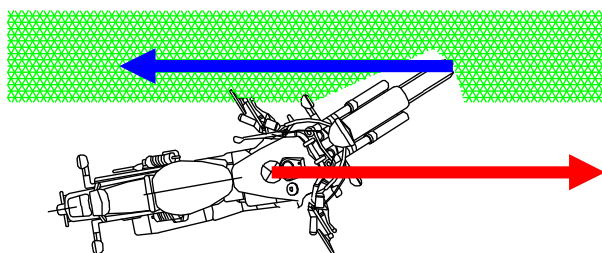
Szkic miejsca, w którym doszło do zdarzenia, pokazano na rysunku 1. Miejsce, w którym zaznaczono położenie pojazdu (1), jest przyjęte z pewnym przybliżeniem. Interwenujący jako pierwsi funkcjonariusze Straży Miejskiej polecieli przestawić pojazd jeszcze przed przyjazdem policji. Nie jest wykluczone, że w chwili kolizji pojazd był w stosunku do zaznaczonego miejsca przemieszczony w kierunku, z którego nadjechał motocykl. Po lewej stronie jezdni znajdowało się piaszczyste pobocze, nieoddzielone od jezdni krawężnikiem. Boczna uliczka (6), o nawierzchni piaszczystej, również nie miała

krawężników i płaszczyzna jej nawierzchni leżała na tym samym poziomie, co pobocza. Za skrzyżowaniem po lewej stronie jezdni znajdował się chodnik płyt betonowych (5), za chodnikiem piaszczyste pobocze, a następnie żywopłot (3), osłaniający ogrodzenie posesji. Szerokość jezdni wynosiła 6 m, dopuszczalna prędkość w tym miejscu – 50 km/h (obszar zabudowany), ruch wahadłowy w związku z pracami na drodze w dalszej jej części.

Od miejsca, w którym motocykl wjechał na lewe pobocze, aż do żywopłotu, znajdowały się ślady hamowania przebiegające na łagodnym łuku o długości 17,5 m. Następnie na odcinku 10 m żywopłot był połamany, a dalej znajdowała się wyrwa w żywopłocie (4) na długości około 1 m. Za tą wyrwą rośliny były wygięte pod kątem około 45° w stosunku do pionu. W tym miejscu motocykl najprawdopodobniej został „ściągnięty” w lewo, na skutek zadziaływania siły od roślin żywopłotu na lewą część kierownicy (rys. 2), wyrwał kilka roślin, obrócił się w lewo, a kierujący motocyklem i pasażer zostali wyrzuceni. Za wyrwą w żywopłocie powstały niewyraźne ślady tarcia motocykla na piasku i wyraźniejsze na płytach betonowych i jezdni. Miejsca, w którym zatrzymały się wyrzucone z motocykla osoby, nie ustalono.



Rys. 1. Orientacyjny szkic miejsca zdarzenia: 1 – samochód, 2 – motocykl, 3 – żywopłot, 4 – wyrwa w żywopłocie, 5 – chodnik z płyt betonowych, 6 – droga piaszczysta.



Rys. 2. Mechanizm powstania wyrwy w żywopłocie: siła reakcji żywopłotu i siła bezwładności motocykla tworzą parę sił, której moment obrócił motocykl- widok z góry.

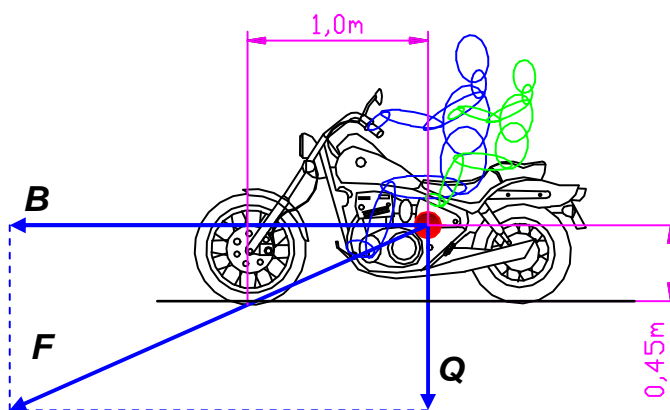
### 3. OSZACOWANIE PRĘDKOŚCI MOTOCYKLA

Obliczenie prędkości motocykla w chwili wjechania na pobocze nie byłoby problemem, gdyby nie utrata jego prędkości na odcinku, na którym ocierał się on o żywopłot i utrata prędkości związana z gwałtownym przyhamowaniem motocykla podczas wyrwania roślin w miejscu (4) – rysunek 1. W literaturze nie ma materiału porównawczego, dotyczącego takich sytuacji. Rośliny żywopłotu nie mają ponadto ustalonych właściwości mechanicznych, które mogą zmieniać się w zależności od pory roku i wielu innych czynników.

Przez analogię tarcia motocykla o trawę po jego przewróceniu, przyjęto podobne opóźnienie podczas jego ocierania się o żywopłot – około  $3 \text{ m/s}^2$ . Jest to wartość wysoce prawdopodobna, porównywalna do opóźnienia podczas średnio intensywnego hamowania na drodze.

Utratę prędkości motocykla przy uderzeniu w żywopłot można oszacować, wiedząc, że przy gwałtownym jego zatrzymaniu zostali wyrzuceni z motocykla kierowca i pasażer. Aby doszło do wyrzucenia jadących na motocyklu, musiało dojść do oderwania tylnego koła i chwilowego przechylenia motocykla do przodu na przednim kole. W przeciwnym wypadku, kierowca uderzyłby w kierownicę motocykla, co biorąc pod uwagę uszkodzenia motocykla, było mało prawdopodobne. Nie jest również wykluczone, że motocyklista dociśnięty siłą bezwładności do zbiornika paliwa i kierownicy, nie zostałby wyrzucony do przodu.

Warunkiem oderwania tylnego koła od nawierzchni jest przejście linii kierunku wypadkowej siły ciężkości  $Q$  i siły bezwładności  $B$  przed miejscem styku przedniego koła z nawierzchnią – rysunek 3.



Rys. 3. Siły działające na motocykl przy jego wyhamowaniu.

Środek masy motocykla z dwiema osobami, jak podczas wypadku, w przybliżeniu znajdował się na wysokości 0,45 m w odległości około 1 m za przednią osią. Zatem siła bezwładności musiała przekraczać wartość:

$$B = Q \cdot \frac{1,0\text{m}}{0,45\text{m}} = 22,2 \cdot Q \quad (1)$$

stąd opóźnienie motocykla:

$$a = 2,22 \cdot g = 22,2 \cdot 9,81\text{m/s}^2 = 21,8\text{m/s}^2 \quad (2)$$

Jeżeli wyrwa w żywo płocie miała długość około 1,0 m, to motocykl zwalnający na tym odcinku ze średnim opóźnieniem  $21,8 \text{ m/s}^2$  musiał wytracić prędkość

$$v = \sqrt{2 \cdot a \cdot S} = \sqrt{2 \cdot 21,8\text{m/s}^2 \cdot 1,0\text{m}} = 6,6\text{m/s} \quad (3)$$

Jest to minimalna utrata prędkości, przy której mogło dojść do wyrzucenia kierującego motocyklem i pasażera. W rzeczywistości opóźnienie motocykla mogło być większe, a co z tym się wiąże – większa utrata prędkości motocykla w tym miejscu. Podobnie – droga, na której motocykl zwalniał. Uszkodzenie żywopłotu o długości 1 m wskazuje na minimalny odcinek, na którym działała siła pomiędzy nim a motocyklem. W rzeczywistości długość tego odcinka mogła być większa, a zatem i utrata prędkości motocykla również mogła być większa.

Na poboczu drogi znajdował się pojedynczy ślad hamowania biegnący lekkim łukiem o długości 17,5 m. Charakter tego śladu wskazuje, że motocykl hamował tylko tylnym kołem. Zatem prędkość motocykla utracona na tym odcinku wynosi około:

$$\Delta v_h = \sqrt{2 \cdot f \cdot \mu \cdot g \cdot s_h} = \sqrt{2 \cdot 0,45 \cdot 0,45 \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 17,5\text{m}} = 8,3\text{m/s} \quad (4)$$

gdzie:

$f = 0,45$  - współczynnik wykorzystania sił hamowania przy hamowaniu tylko kołem tylnym,

$\mu = 0,45$  - współczynnik tarcia na nawierzchni piaszczystej,

$g = 9,81$  - przyspieszenie ziemskie.

Prędkość utracona podczas zagniatania i niszczenia krzewów na drodze o długości ok.  $s_k = 10\text{m}$  wynosiła około:

$$\Delta v_k = \sqrt{2 \cdot a \cdot s_k} = \sqrt{2 \cdot 3\text{m/s}^2 \cdot 10\text{m}} = 7,7\text{m/s} \quad (5)$$

gdzie:

$a = 3\text{m/s}^2$  – przyjęte szacunkowe opóźnienie uzyskane podczas zagniatania krzewów.

Prędkość utracona z powodu uderzenia motocykla o krzewy, ogrodzenie posesji oraz jego obrót – oszacowana wyżej:

$$\Delta v_z = 6,6 \text{ m/s.}$$

Prędkość utracona podczas sunięcia motocykla od wyrwy w żywopłocie do jego ostatecznego położenia na jezdni w miejscu zaznaczonym na szkicu należy wyznaczyć jako złożenie trzech odcinków:

– odcinek 1 ok. 5,2m jest to pobocze piaszczyste; w pierwszej części tego odcinka motocykl wywrócił się, a następnie sunął po poboczu. Droga, na której motocykl wywrócił się, wynosiła około 1,5 m, zatem droga sunięcia wynosiła około 3,7 m. Prędkość utracona na tym odcinku:

$$\Delta v_1 = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot S} = \sqrt{2 \cdot 1,5 \cdot 9,81 \text{m/s}^2 \cdot 3,7 \text{m}} = 10,4 \text{m/s} \quad (6)$$

gdzie:

$\mu = 1,5$  – współczynnik tarcia motocykla o podłoże piaszczyste [4],

– odcinek 2 to chodnik z kostek betonowych, długość odcinka – ok. 2,4m.

Prędkość utracona na tym odcinku:

$$\Delta v_2 = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot S} = \sqrt{2 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \text{m/s}^2 \cdot 2,4 \text{m}} = 4,9 \text{m/s} \quad (7)$$

gdzie:

$\mu = 0,5$  – współczynnik tarcia motocykla o kostkę,

– odcinek 3 to asfalt poprawiona długość ok. 4,5m:

Prędkość utracona na tym odcinku:

$$\Delta v_3 = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot S} = \sqrt{2 \cdot 0,45 \cdot 9,81 \text{m/s}^2 \cdot 4,5 \text{m}} = 6,3 \text{m/s} \quad (8)$$

gdzie:

$\mu = 0,45$  – współczynnik tarcia motocykla o asfalt.

Podsumowując powyższe, na początku znaczenia śladu zarzucania prędkość motocykla wynosiła nie mniej niż:

$$v_0 = \sqrt{(7,9 \text{m/s})^2 + (7,7 \text{m/s})^2 + (6,6 \text{m/s})^2 + (10,4 \text{m/s})^2 + (4,9 \text{m/s})^2 + (6,3 \text{m/s})^2} = 66 \text{km/h} \quad (9)$$

Prędkość motocykla na początku wyrwy w żywo płocie:

$$v_z = \sqrt{v_0^2 + \Delta v_z^2} = \sqrt{(18,4 \text{m/s})^2 + (6,6 \text{m/s})^2} = 19,5 \text{m/s} \quad (10)$$

prędkość motocykla w chwili rozpoczęcia ocierania się o żywopłot:

$$v_c = \sqrt{v_z^2 + \Delta v_k^2} = \sqrt{(19,5 \text{m/s})^2 + (7,7 \text{m/s})^2} = 21,0 \text{m/s} \quad (11)$$

prędkość motocykla na początku śladów na poboczu:

$$v_m = \sqrt{v_c^2 + \Delta v_h^2} = \sqrt{(21,0 \text{m/s})^2 + (8,3 \text{m/s})^2} = 22,6 \text{m/s} = 81 \text{km/h} \quad (12)$$

Kierujący motocyklem zeznał, że przed kolizją rozpoczął hamowanie. W miejscu zdarzenia nie udokumentowano jednak śladów, które mogły na to wskazywać. Prędkość motocykla z dużym prawdopodobieństwem była zatem wyższa, ale nie można tego wykazać.

#### 4. RUCH SAMOCHODU

W opisywanym zdarzeniu brał udział pojazd z przednim napędem. Podczas ruszania z miejsca koła przedniej osi, a więc napędzane, były odciążone, co limitowało szczytowe przyspieszenie pojazdu.

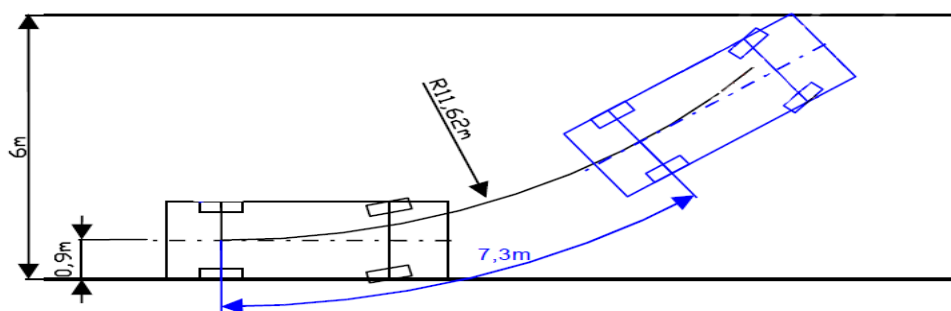
Na podstawie danych pojazdu:

- szerokości pojazdu: 1,77 m, stąd połowa szerokości: 0,88m,
- promienia zawracania pojazdu: 12,5 m, stąd promień skrętu:

$$R = 12,5 \text{ m} - 0,88 \text{ m} = 11,62 \text{ m},$$

można oszacować długość toru środka tylnej osi pojazdu od położenia początkowego do położenia pojazdu, w którym doszło do kolizji z motocyklem (rys. 4):

$$S = 7,3 \text{ m}$$



Rys. 4. Tor ruchu samochodu.

Nacisk przedniej, napędzanej osi na jezdnię podczas ruszania z miejsca z przyspieszeniem  $a$  wynosi:

$$Z_1 = \frac{m}{l_{12}} \cdot (l_2 \cdot g - h \cdot a) \quad (12)$$

gdzie:  $m$  – masa pojazdu,

$l_{12}, l_2$  – rozstaw osi, odległość środka ciężkości od tylnej osi,

$h$  – wysokość, na której znajduje się środek ciężkości pojazdu.

Maksymalna siła napędzająca pojazd wynosi:

$$F_N = Z_1 \cdot \mu \quad (13)$$

gdzie:

$\mu$  – współczynnik przyczepności, w tym przypadku równy współczynnikowi poślizgowemu.

Powoduje ona rozpędzanie pojazdu z przyspieszeniem  $a_R$ :

$$a_R = \frac{l_2 \cdot m}{l_{12} + h \cdot m} \cdot g \quad (14)$$

Przyjmując położenie środka ciężkości pojazdu zgodnie z danymi producenta:

$$l_{12} = 2,75 \text{ m}, \quad l_2 = 1,2 \text{ m}, \quad h = 0,56 \text{ m}$$

i współczynnik przyczepności (suchy asfalt):

$$\mu = 0,7,$$

otrzymuje się:

$$a_R = 2,62 \text{ m/s}^2.$$

Ruch pojazdu od położenia początkowego do końcowego składał się co najmniej z trzech faz: przyspieszania od stanu spoczynkowego do maksymalnej prędkości  $v_m$ , czasu przełożenia nogi z pedału gazu na pedał hamulca, a następnie hamowania do zatrzymania.

Przyjmując stałe przyspieszenie pojazdu w pierwszej fazie  $a_R$  oraz stałe opóźnienie w drugiej fazie  $a_H$ , wynikające z przyczepności nawierzchni – przy 100% wykorzystaniu przyczepności:

$$a_H = \mu \cdot g = 6,9 \text{ m/s}^2 \quad (15)$$

droga  $S$  pokonana przez samochód wynosiła:

$$S = S_R + S_P + S_N + S_H, \quad (16)$$

gdzie:

- $S_R$  – droga podczas rozpędzania,
- $S_P$  – droga podczas przekładania nogi,
- $S_N$  – droga podczas narastania siły hamowania,
- $S_H$  – droga hamowania.

Poszczególne składniki wynoszą:

- droga rozpędzania:

$$S_R = \frac{v_m^2}{2 \cdot a_R} \quad (17)$$

gdzie:  $v_m$  – maksymalna prędkość podczas manewru,

- droga podczas przekładania nogi z pedału gazu na pedał hamulca:

$$S_P = v_m \cdot t_p \quad (18)$$

gdzie:  $t_p$  – czas przełożenia nogi, według literatury –  $t_p \approx 0,5$  s,

- droga podczas narastania siły hamowania:

$$S_N = \frac{1}{2} v_m \cdot t_N + \frac{v_m^2}{2 \cdot a_H} \quad (19)$$

gdzie:  $t_N$  – czas narastania siły hamowania,  $t_N \approx 0,2$  s.

Sumując poszczególne składniki, otrzymuje się równanie:

$$S = \frac{v_m^2}{2} \left[ \frac{1}{a_R} \right] + \frac{1}{a_H} \left[ \frac{1}{2} \right] t_N + t_P \left[ v_m \right] \quad (20)$$



z którego oblicza się maksymalną prędkość podczas manewru:

$$v_m = \frac{\sqrt{0,25 \cdot t_N^2 + 2 \cdot (a_R^{-1} + a_H^{-1}) \cdot S} - 0,5 \cdot (a_R^{-1} + a_H^{-1})}{a_R^{-1} + a_H^{-1}} \quad (21)$$

Znając prędkość  $v_m$ , oblicza się czas rozpędzania i czas hamowania:

$$t_R = \frac{v_m}{a_R}, \quad t_H = \frac{v_m}{a_H} \quad (22)$$

Czas ruchu samochodu od chwili ruszenia z miejsca do zatrzymania:

$$t_C = t_R + t_P + t_N + t_H \quad (23)$$

Po podstawieniu danych otrzymuje się:

$$v_m = 4,77 \text{ m/s}, \rightarrow t_R = 1,82 \text{ s}, t_H = 0,69 \text{ s}$$

$$t_C = 1,82 \text{ s} + 0,5 \text{ s} + 0,2 \text{ s} + 0,69 \text{ s} = \mathbf{3,21 \text{ s}}$$

Jest to minimalny czas konieczny na wykonanie manewru polegającego na ruszeniu z miejsca i zatrzymaniu pojazdu w położeniu jak na rysunku 4. Szacowanie to jest zaniżone. Nie uwzględniono czasu narastania przyspieszenia podczas ruszania z miejsca, związanego z poślizgiem sprzęgła.

## 5. MOŻLIWOŚĆ UNIKNIĘCIA WYPADKU

Trudno wymagać, od kierującego motocyklem, aby rozpoznał zamiar kierującego samochodem w chwili jego ruszenia z miejsca. Czas reakcji zdrowego kierowcy wynosi średnio około 0,8 s. Można więc przyjąć, że kierujący motocyklem (który podczas wyprzedzania był zobowiązany do zachowania szczególnej ostrożności), mógł rozpoznać zamiar kierującego samochodem po około 1 s od ruszenia pojazdu. Do chwili kolizji pozostało więc mu co najmniej 2,2 s, a biorąc pod uwagę, że czas manewru samochodu mógł być dłuższy – prawdopodobnie więcej czasu.

Czas hamowania motocykla z prędkości 81 km/h wynosi w przybliżeniu:

$$t_{81} = \frac{v_m}{a_{HM}} = \frac{v_m}{g \cdot \mu \cdot f} = \frac{22,6 \text{ m/s}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,7 \cdot 0,9} = 3,7 \text{ s}, \quad (24)$$

a z prędkości dozwolonej w miejscu zdarzenia (50 km/h = 13,9 m/s):

$$t_{50} = \frac{v_{50}}{g \cdot \mu \cdot f} = \frac{13,9 \text{ m/s}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,7 \cdot 0,9} = 2,2 \text{ s} \quad (25)$$

gdzie:

$f = 0,9$  – współczynnik wykorzystania sił hamowania przy hamowaniu hamulcami zarówno koła przedniego i tylnego.

Wynika z tego, że jadąc z prędkością dozwoloną w miejscu zdarzenia, motocyklista mógł zatrzymać się przed torem ruchu samochodu.

## 6. WNIOSKI

Mimo pozornego podobieństwa różnych zdarzeń, niebezpiecznie jest przyporządkowywać analizowanego zdarzenia do jakiegoś szablonu. Ponieważ praktycznie każde zdarzenie jest w rzeczywistości inne, najlepiej jest rozpatrywać je indywidualnie. W opisanym przypadku, oprócz typowej analizy hamowania (zwalniania) motocykla na odcinkach o różnych wartościach opóźnienia, dołączył istotny tu problem zwalniania pojazdu w kontakcie z żywopłotem, a więc problem, który zwykle nie jest rozpatrywany w podręcznikach. Nieuwzględnienie tego kontaktu skutkuje tu zaniżeniem prędkości motocykla i błędnymi wnioskami z analizy zdarzenia.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Praca zbiorowa: *Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2006.
- [2] Kończykowski W.: *Odtwarzanie i analiza przebiegu wypadku drogowego*, Stowarzyszenie Rzecznawców Techniki Samochodowej i Ruchu Drogowego, Warszawa 1993.
- [3] <http://www.scigacz.pl/Wypadki,motocyklowe,2009,koszmarne,statystyki,12285.html>