



**Piotr
Ciępka**

Obliczanie prędkości motocykla na podstawie długości śladów jego sunięcia pozostawionych na podłożu.

Korekta wzoru podanego w publikacji C. Glynnia i D. P. Wooda, opublikowanego w numerze 4/2016 czasopisma *Paragraf na Drodze*

Streszczenie

W artykule przedstawiono weryfikację zależności, podanej w publikacji Colyna Glynnia i Denisa P. Wooda pt. *Metody rekonstrukcji wypadków z udziałem motocykli. Szacowanie powypadkowej prędkości przewróconego motocykla na podstawie śladów jego sunięcia po podłożu*. Artykuł ten został opublikowany w numerze 4/2016 czasopisma *Paragraf na Drodze*. Weryfikacja ta oparta została na rzeczywistym przypadku zdarzenia, które opiniował autor niniejszego artykułu. Przedstawiona sytuacja stanowi ilustrację zasady mówiącej, że nie można bezkrytycznie podchodzić do wyników obliczeń i każdy wynik należy kontrolować, pod kątem możliwości popełnienia błędu grubego. Autor, po powzięciu wątpliwości, dotarł do pierwotnego tekstu, w którym wykorzystywany w obliczeniach wzór miał nieco inną postać niż podana w przywołanym artykule, a jego zastosowanie dawało już wyniki zbieżne z oczekiwanymi. Na zakończenie autor zwrócił uwagę na błąd w taktyce awaryjnego zatrzymywania hamowania motocykla, jaki niejednokrotnie popełniają motocykliści, doprowadzając do położenia motocykla.

Słowa kluczowe

Motocykl, sunięcie po upadku, prędkość, błąd, korekta wzoru.

* * *

1. Wstęp

Prowadzenie obliczeń matematycznych zawsze niesie za sobą ryzyko związane z popełnieniem błędu obliczeniowego, dlatego niezwykle ważne jest, aby zawsze sprawdzać otrzymane wyniki. Błąd można dość łatwo wychwycić, jeśli jest on skutkiem omyłki przy wprowadzaniu danych. Znacznie trudniej jest jednak, gdy

błąd znajduje się w zastosowanej formule, szczególnie jeśli jest ona efektem najnowszych prac naukowych. Przy weryfikacji wyników obliczeń zawsze warto sięgnąć po inne, czasem znacznie starsze metody, które choć niejednokrotnie są mniej dokładne, to jednak są już wielokrotnie sprawdzone. Zawsze warto zastanowić się, czy wynik obliczeń uzyskany przy zastosowaniu najnowszych osiągnięć nie odbiega istotnie od wyniku otrzymanego przy zastosowaniu sprawdzonych zależności, a jeśli tak, to co jest przyczyną wystąpienia różnic.

2. Obliczenia prędkości motocykla z długości śladów sunięcia

Najczęściej do obliczenia prędkości motocykla z długości śladów jego sunięcia po podłożu wykorzystuje się zależność (1).

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot \mu \cdot S} \quad (1)$$

gdzie:

g – przyspieszenie ziemskie,

μ – współczynnik oporów ruchu przewróconego motocykla,

S – droga sunięcia przewróconego motocykla.

W roku 2016, w numerze 4 czasopisma *Paragraf na Drodze*, opublikowany został artykuł Colina Glynn'a i Denisa P. Wooda, dotyczący możliwości szacowania prędkości przewróconego motocykla na podstawie śladów jego sunięcia po podłożu [1]. Przedstawiona w tym artykule metoda umożliwia ustalenie prędkości przewróconego motocykla w chwili rozpoczęcia przewracania się. Autorzy, odwołując się do literatury, trafnie wskazali, że współczynnik oporów ruchu nie ma wartości stałej, lecz zmniejsza się wraz ze spadkiem prędkości motocykla, co wynika m.in. z dużego opóźnienia motocykla w chwili upadku, będącego swego rodzaju zderzeniem z podłożem. Zaprezentowane w artykule podejście teoretyczne, polegające na opracowaniu modelu uwzględniającego utratę pędu motocykla w wyniku uderzenia o podłoże jawiło się nie tylko jako krok w kierunku zwiększenia dokładności obliczeń, ale także, dzięki zastosowaniu metod statystycznych, pozwalało na ocenę rozrzutu wyników.

Ruch motocykla w czasie wypadku od chwili zapoczątkowania przewracania się do chwili zatrzymania się składa się z trzech faz: przewracania, uderzenia o podłoże i sunięcia do zatrzymania się motocykla. Prędkość początkowa motocykla może więc zostać ustalona jako suma prędkości utraconych w każdej fazie, co zostało opisane zależnością (2) opublikowaną w [1].

$$V_{fi} = \Delta V_f + \Delta V_i + \Delta V_S \quad (2)$$

gdzie:

ΔV_f – strata prędkości w czasie przewracania się motocykla,

ΔV_i – strata prędkości w czasie uderzenia o podłoże,

ΔV_S – strata prędkości w czasie sunięcia motocykla.

Na potrzeby niniejszego artykułu skoncentrujemy uwagę na przypadku, w którym motocykl w początkowej chwili przewracania się zorientowany jest zgodnie z kierunkiem jazdy, gdyż wtedy strata prędkości w fazie przewracania się jest pomijalnie mała i dlatego można przyjąć, że $\Delta V_f = 0$. Uwzględniając to założenie i łącząc zależności (1) i (2), można obliczać prędkość motocykla z zależności (3).

$$V_{fi} = \mu \cdot V_i + \sqrt{2 \cdot g \cdot \mu \cdot S} \quad (3)$$

Analiza poszczególnych składników zależności (3), nie pozostawia wątpliwości, że prędkość motocykla obliczona przy jej wykorzystaniu powinna być większa o wartość $\mu \cdot V_i$ od prędkości obliczonej przy wykorzystaniu podanej na wstępie, powszechnie używanej zależności (1).

Opublikowana w [1] zależność na V_i ma dość skomplikowaną formę, która nie zachęca do jej stosowania, głównie z uwagi na potrzebę wykorzystania niejednokrotnie trudnych do ustalenia parametrów. Ułatwieniem do prowadzenia obliczeń są jednak wyniki symulacji przeprowadzonych z wykorzystaniem metody Monte Carlo, które posłużyły do zamodelowania zależności pomiędzy długością wypadkowego przemieszczania się motocykla a jego prędkością przed przewróceniem się. Wyniki tych symulacji stanowiły podstawę do twierdzenia, że prędkość w początkowej chwili przewracania się motocykla jest proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z długości drogi sunięcia. W publikacji [1] zostało to opisane zależnością (4).

$$V_{fi} = a + b\sqrt{S} \quad (4)$$

gdzie:

a i b – współczynniki zależne od rodzaju motocykla, sposobu jego przewracania się i zakładanego procentowego przedziału ufności.

Stosowne wartości współczynników a i b , dla trzech różnych typów motocykli zostały przedstawione w tabeli 2 znajdującej się w [1].

3. Przykład obliczeniowy

Przedstawiony poniżej przykład pochodzi z rzeczywistego zdarzenia, w którym doszło do tragicznego w skutkach zdarzenia z udziałem dwóch motocykli i pojazdu wykonującego skręt w lewo. Motocykliści jechali prostym odcinkiem drogi o długości kilkuset metrów, natomiast kierowca samochodu, jadący początkowo z przeciwnego kierunku ruchu, skręcał w lewo. Pierwszy motocykl zderzył się ze skręcającym samochodem i w wyniku tego zderzenia kierujący tym motocyklem poniósł śmierć na miejscu wypadku. Kierujący drugim motocyklem jechał w pewnej odległości za pierwszym i po dostrzeżeniu sytuacji kolizyjnej podjął manewr hamowania, który jednak bardzo szybko zakończył przewróceniem motocykla. Sunący motocykl zatrzymał się tuż przed samochodem, zatrzymanym po zderzeniu

z pierwszym motocyklem. W wyniku upadku drugi motocyklista doznał niegroźnych obrażeń ciała. Z zeznań tego motocyklisty wynikało, że po dostrzeżeniu sytuacji zagrożenia zaczął on hamować i *położył* motocykl. Czy w rzeczywistości tak było, czy też doszło do samoczynnego, niezamierzonego przewrócenia się motocykla na skutek braku odpowiednich umiejętności w zakresie techniki hamowania, tego obiektywnie ustalić się nie dało.

Przeanalizujmy ruch motocykla, który nie zderzył się z samochodem. Jego początkowa prędkość została wytracona w czasie hamowania i sunięcia przewróconego motocykla po nawierzchni jezdni. W czasie oględzin miejsca wypadku ujawniono na nawierzchni jezdni ślady tarcia motocykla o asfaltową nawierzchnię jezdni, których lokalizacja nie pozostawiała wątpliwości, co do ich przyporządkowania jako pozostawionych przez ten motocykl. Ślady tarcia motocykla miały długość 36 m. Przyjmując za [1] dla motocykla z owiewkami współczynnik oporów ruchu równy $\mu = 0,408 \pm 0,036$, można korzystając z zależności (1) wyliczyć, że prędkość motocykla w chwili rozpoczęcia znaczenia śladów sunięcia wynosiła $58 \div 64$ km/h.

Korzystając z kolei z zależności (4), przyjmując współczynniki a i b dla 95-procentowego przedziału ufności¹ (percentyle od 2,5% do 97,5%), które zgodnie z tabelą przedstawioną w [1] wynoszą $a = 2,57$ i $b = 0,82$ dla 2,5% oraz $a = 3,06$ i $b = 1,17$ dla 97,5%, można wyliczyć, że prędkość motocykla w chwili upadku na podłoże powinna zawierać się w przedziale zaledwie $27 \div 36$ km/h.

Nasuują się w tym miejscu dwa pytania. Pierwsze, dlaczego prędkości wyliczone z zależności (4) mają tak małe wartości i drugie, dlaczego ten zakres prędkości jest mniejszy od zakresu wyliczonego z zależności (1), skoro zgodnie z zależnością (3) należałoby oczekiwać wyniku w postaci przedziału z wartościami większymi. W tej sytuacji nie pozostało nic innego, jak sięgnąć do źródeł. Wśród publikacji bibliograficznych podanych w [1] znajdują się dwa artykuły, w których można było spodziewać się informacji na omawiany temat [2, 3]. Porównanie wartości współczynników „ a ” i „ b ” zebranych w tabelach przedstawionych w [1] i [2] nie wykazało różnic, poza jedną wartością dotyczącą współczynnika „ a ” dla motocykli wyposażonych w gmołe, gdyż w części c) tabeli 2 podana została wartość 3,77 [1], natomiast zgodnie z [2] powinno tam być 2,77. Przyczyn uzyskania diametralnie różnych i odmiennych od oczekiwanych wyników przy wykorzystaniu zależności (1) i (4) należało zatem poszukiwać gdzie indziej. Po wnikliwej analizie okazało się, że przyczyną była różnica we wzorze (4), w którym w artykule [2], pierwiastek z drogi sunięcia przewróconego motocykla znajdował się przy współczynniku „ a ”, a nie przy współczynniku „ b ”. Wzór podany w [2] ma postać:

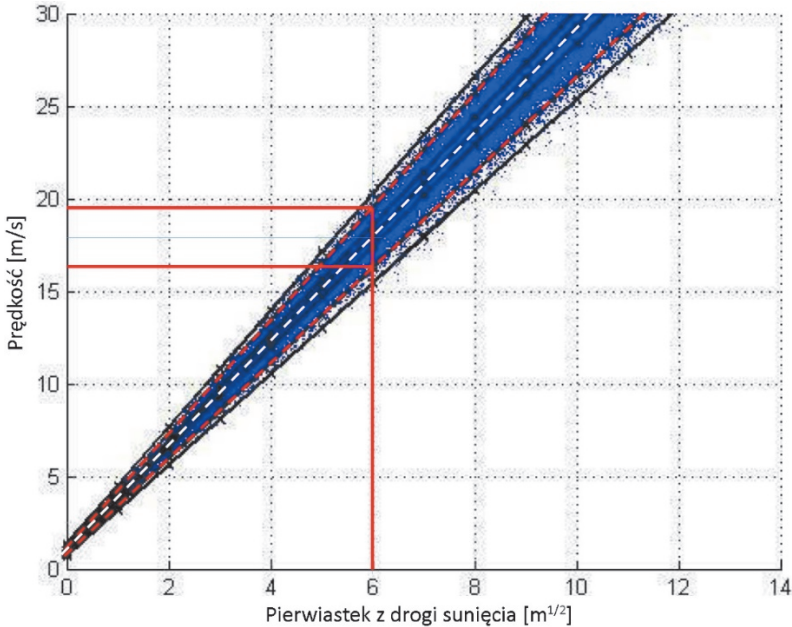
UWAGA

Prawidłowa postać wzoru

$$V_{fi} = a\sqrt{S} + b \quad (5)$$

¹ Który według autorów pracy [1] odpowiada w brytyjskich karnych sądach przedziałowi ufności na poziomie „ponad uzasadnione wątpliwości”.

Obliczenia przeprowadzone dla tej samej długości drogi sunięcia (36 m), zgodnie z zależnością (5) dały wynik w postaci przedziału $58 \div 70$ km/h, który był zgodny z oczekiwanym. Dla pewności dodatkowo porównano wynik obliczeń z graficzną wizualizacją wyników obliczeń symulacyjnych wykonanych przy wykorzystaniu metody Monte Carlo, zaprezentowaną w pracy [2]. Porównanie to wykazało pełną zgodność (ryc. 1).



Ryc. 1. Ustalenie prędkości motocykla w chwili jego upadku na jezdnię, który zatrzymał się po sunięciu na odcinku 36 m, dla 95-procentowego przedziału ufności (opracowane własne na podstawie ryciny opublikowanej w [2]).

4. Podsumowanie

Przedstawiony w niniejszym artykule przykład jest doskonałą ilustracją zasady mówiącej, że nie można bezkrytycznie podchodzić do wyników obliczeń. Każdy wynik należy kontrolować i sprawdzać, czy nie popełnia się błędów grubego. Jak widać na powyższym przykładzie nie należy bezkrytycznie podchodzić do informacji podawanych w literaturze, nawet jeśli jej autorami są osoby o uznanej pozycji naukowej.

Przy okazji analizowanego zdarzenia nasuwa refleksja dotycząca zatrzymywania motocykli. Podkreślić należy, że gdyby ów drugi motocyklista zastosował prawidłową taktykę awaryjnego zatrzymywania motocykla, polegającą na intensywnym i stabilnym hamowaniu z użyciem obu hamulców, to mógłby zatrzymać motocykl kilka metrów wcześniej, nie doznając przy tym uszczerbku na zdrowiu,

ani nie uszkadzając motocykla. Warto również zwrócić uwagę, że w analizowanym zdarzeniu nie doszło do zderzenia ze skręcającym samochodem, co oznacza, że do zatrzymania motocykla przed jego torem ruchu wymagane było hamowanie z takim opóźnieniem jakie uzyskiwał sunący motocykl. Było to opóźnienie poniżej 5 m/s^2 . Taka wartość opóźnienia jest z kolei osiągnięta przy średnio intensywnym hamowaniu, a umiejętność takiego hamowania niewątpliwie powinien posiadać każdy motocyklista. W analizowanym zdarzeniu, nad deklaracją motocyklisty, że w obliczu zagrożenia *położył* on swój motocykl musiał się jednak pochylić Sąd, rozstrzygający w sprawie dotyczącej przedmiotowego zdarzenia. Doświadczenie w opiniowaniu podpowiada, że sytuacja związana z położeniem motocykla nie była odosobnionym przypadkiem.

5. Informacja redakcyjna

Informujemy P.T. Czytelników, że po ujawnieniu błędu we wzorze opublikowanym w naszym czasopiśmie Redakcja poinformowała o tym fakcie Autorów publikacji. W odpowiedzi na tę informację otrzymaliśmy potwierdzenie ze strony Autorów, z prośbą o zamieszczenie stosownego sprostowania i przeprosin za pomyłkę, które to niniejszym przekazujemy wszystkim Czytelnikom. Publikowany artykuł stanowi swego rodzaju rozszerzoną erratę, będącą odpowiedzią na prośbę Autorów.

Bibliografia

1. Glynn, C., Wood, D. P. (2016). Metody rekonstrukcji wypadków z udziałem motocykli. Szacowanie powypadkowej prędkości przewróconego motocykla na podstawie śladów jego sunięcia po podłożu. *Paragraf na Drodze*, 4, 31–39.
2. Walsh, D. G., Wood, D. P., Alliot, R., Glynn, C., Simms, C. (2009). Motorcycle Capsize Mechanisms and Confidence Limits for Motorcycle Capsize Speeds from Slide/Bounce Distance. *Proceedings of the 1st joint ITAI–EVU Conference*, Hinckley.
3. Wood, D. P., Alliot, R., Glynn, C., Simms, C. K., Walsh, D. G. (2008). Confidence Limits for Motorcycle Speed from Slide Distance. *Proc IMechE, Part D: Journal of Automobile Engineering*, vol. 222, 1349–1360, DOI: 10.1243/09544070JAUTO731.

* * *

Calculating motorcycle speed from its post-crash slide distance.
Correction of the formula given in the paper by C. Glynn and
D. P. Wood published in *Paragraph on the Road* 4/2016

Abstract

Correction of the formula given in the paper by Colyn Glynn and Denis P. Wood *Motorcycle reconstruction methods. Motorcycle speed evaluation from its post-crash slide distance* is presented. The paper was published in the 4/2016 issue of *Paragraph on the Road* journal. The formula has been verified on a real-life road event the expert evidence of which was reported by the author of the present article. This case illustrates a principle which says that no calculation results should be approached uncritically and each result should be checked for the possibility of making a grave error. To dispel his doubts, the author reached for the source manuscript in which the formula employed in the calculations was slightly different than the one given in the paper referred to, and its use yielded results convergent with the expected ones. Finally, the author points out the unsuitable tactic of motorcycle emergency braking, frequently adopted by motorcycle riders, which ends in *laying* the motorcycle on its side.

Key words

Motorcycle, post-crash sliding, speed, error, correction of formula.

