

Ryszard SZADZIUL, Piotr KRZEMIEN
Zakład Inżynierii Rolnictwa, Politechnika Koszalińska
piotrkrzemien@tlen.pl

Zdalne szkolenie kierowców z zakresu mechaniki ruchu samochodu – właściwe odstępy między pojazdami

1 Wprowadzenie

Nasilenie ruchu kołowego na szosach powoduje wzrost zagrożenia wypadkami samochodowymi. Istotny jest problem zachowania właściwego odstępu od poprzedzającego pojazdu gdyż nie może być on dowolny. W dobie powszechnej komputeryzacji i Internetu warto stworzyć kurs e-learningowy dotyczący podstaw mechaniki ruchu dla kandydatów ubiegających się o prawo jazdy, a tym bardziej o świadectwa kwalifikacji uprawniające do wykonywania takiego zawodu. Autor sądzi, że duża część wypadków drogowych wynika nie tylko z brawury lecz z niezajomości podstaw teorii ruchu pojazdu. Wiedza dotycząca mechaniki ruchu, przekazana we współczesny, przejrzysty sposób za pomocą odpowiedniej animacji, np. poprzez kształcenie zdalne z możliwością zdania egzaminu, na pewno uzupełniłaby dużą lukę u większości kierowców. Umiełi by oni przewidywać sytuacje na drodze i bezpieczniej prowadzić pojazdy.

Animacja taka mogła by obrazowo ukazywać zbliżające się do siebie pojazdy, następnie po powstaniu stanu zagrożenia obsługujący ją uruchamiał by hamulce. Wcześniej wpisywane by były dane dotyczące intensywności hamowania obu pojazdów. Na ekranie widoczna by była droga przebyta w czasie reakcji a także w czasie narastania siły hamowania. Kursant miał by możliwość dowolnej zmiany odstępu pomiędzy autami aby nauczyć się w praktyce jaki jest w jego konkretnym przypadku najwłaściwszy ponieważ program animacyjny sam wyznaczał by czas jego reakcji. Symulacja wykonana o różnych porach dnia i stanach psychofizycznych pozwoliła by kursantowi zrozumieć istotę procesu hamowania, i to że droga zatrzymania w dużej mierze zależy od jego czasu reakcji.

W opinii autora do ukazania problemu można wykorzystać arkusz kalkulacyjny Excel. Wprowadzając odpowiednie formuły matematyczne przedstawione w dalszych rozdziałach, uwzględniając własny zakładany czas reakcji, stworzyć należy wykres niezbędnych odstępów pomiędzy różnymi pojazdami. Jest to niestety metoda mniej obrazowa i nie pozwalająca na wyznaczenie czasu reakcji. Obie metody wymagają automatycznego uwzględniania zmiany zależności pomiędzy czasami $t_r + t_n > t_p$, $t_r + t_n < t_p$. Konieczne jest to dlatego, że zmienia się zależność pomiędzy parametrami a niezbędną odległością potrzebną do zatrzymania pojazdu.

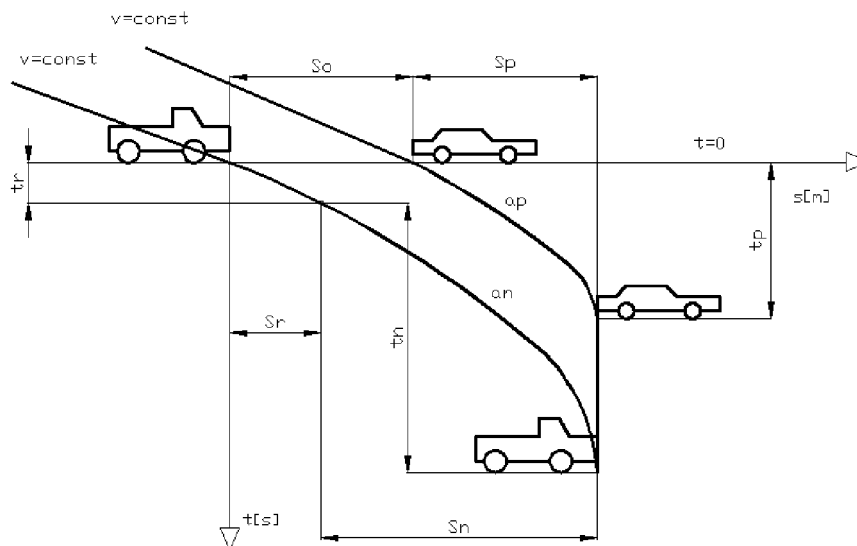
Gdy na drogach było luźniej, kierowcy stosowali bardzo duże odstępy, co jednak zmniejszało przelotowość drogi. Obecnie wraz ze zwiększeniem przelotowości dróg odległości te maleją co powoduje, że kierowca jadący pojazdem *nadążającym* musi

wykazać się większą czujnością na drodze. Pojazd jadący z przodu nazywany będzie pojazdem *poprzedzającym*.

Niezbędny odstęp od poprzedzającego pojazdu zależy będzie od aktualnej prędkości jazdy, możliwego do rozwinięcia opóźnienia hamowania przez pojazdy a także od czasu reakcji kierowcy nadążającego. Co prawda, powyżej pewnej prędkości charakteryzującej oba pojazdy odległość wymagana przestaje od niej zależeć, a zależy od opóźnień obu pojazdów i czasu reakcji kierowcy nadążającego. Te zagadnienie wyjaśnione zostanie w dalszej części publikacji.

Zatem, gdy kierowca pojazdu poprzedzającego rozpocznie manewr hamowania, kierujący pojazdem nadążającym rozpocznie hamowanie z pewnym opóźnieniem. Musi on bowiem mieć czas na reakcję czyli dla średnio statystycznego kierowcy ok. 1s, po którym położy nogę na pedale hamulca. Jednak nie wciśnie go z maksymalną siłą lecz stopniowo. Przez następne ok. pół sekundy będzie rozpoznawał prędkość narastania obrazu poprzedzającego pojazdu, po czym jeśli uzna, iż jego opóźnienie jest duże naciśnie pedał z maksymalną siłą. W opinii autora, przyjmowanie czasu 1s jest niewystarczające ponieważ ten czas reakcji nie uwzględnia analizy intensywności hamowania poprzednika. W pracy, dla uproszczenia pomija się czas zwłoki układu hamulcowego, który we współczesnych samochodach jest mały w stosunku do czasów analizowanych powyżej. Jednak w przypadku starszych typów pojazdów z instalacją pneumatyczną należało by dodać do tychże czasów ok. 0,5s. Problem bezpiecznego odstępu jest niezwykle istotny w rekonstrukcji wypadków samochodowych, co zobowiązuje biegłych do szczegółowego zapoznania się z nim.

2 Hamowanie w sytuacji gdy pojazd nadążający rozwija mniejsze opóźnienie niż pojazd poprzedzający



Rys. 1. Określenie minimalnego odstępu pomiędzy pojazdami podczas jazdy z tą samą prędkością w sytuacji gdy $t_r + t_n > t_p$; t_r – czas reakcji, t_n – czas hamowania pojazdu nadążającego, t_p – czas hamowania pojazdu poprzedzającego, s_r – droga reakcji, s_n – droga hamowania pojazdu nadążającego, s_p – droga hamowania pojazdu poprzedzającego, s_0 – odległość początkowa, a_p – opóźnienie pojazdu poprzedzającego, a_n – opóźnienie pojazdu nadążającego

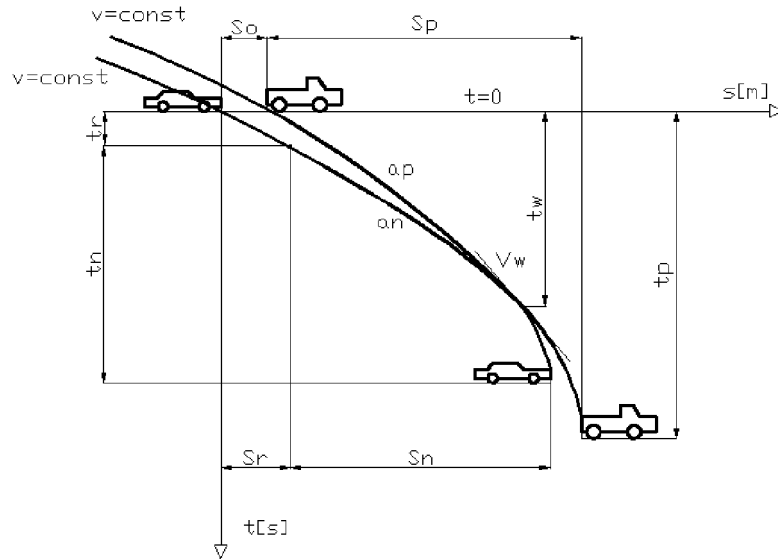
Fig. 1. Description of minimum distance between vehicles during drive with same travel speed when $t_r + t_n > t_p$; t_r – reaction time, t_n – braking time of following up vehicle, t_p – braking time of previous vehicle, s_r – reaction distance, s_n – braking distance of following up vehicle, s_p – braking distance of previous vehicle, s_0 – initial distance, a_p – delay of previous vehicle, a_n – delay of following vehicle

Jeśli kierujący pojazdem poprzedzającym w chwili t_0 zacznie hamowanie z maksymalnym opóźnieniem a_p zatrzyma się po czasie $t_p = v/a_p$ i przebędzie odległość $s_p = 0,5v^2/a_p$. Kierujący pojazdem nadążającym po zauważeniu sygnału STOP po czasie reakcji t_r rozpocznie hamowanie z maksymalnym dla swojego pojazdu opóźnieniem a_n i zatrzyma się po czasie $t_r + t_n$ na długości drogi $s_n = vt_r + 0,5v^2/2a_n$. Rysunek 1 przedstawia sytuację ekstremalną gdyż nie zakłada marginesu bezpieczeństwa a pojazdy zatrzymują się na „styku”. W praktyce należało by zachować odstęp miń. 1m. Jeżeli czasy $t_r + t_n > t_p$ to jak wynika z rys. 1: $s_0 = s_r + s_n - s_p$ czyli

$$s_0 = vt_r + \frac{v^2}{2} \left(\frac{a_p - a_n}{a_p a_n} \right) \quad (1)$$

Jeżeli oba pojazdy hamować będą z jednakowym opóźnieniem to niezbędny odstęp między nimi zależeć będzie od drogi przebytej w czasie reakcji. Ze wzoru (1) wynika także, iż niezbędny odstęp nie jest proporcjonalny do prędkości rozwijanej przez pojazdy a jest złożoną funkcją opóźnień hamowania, prędkości i czasu reakcji. Analizując rysunek 1 zauważyć można, że wzór (1) będzie miał zastosowanie także gdy $a_p < a_n$ jednak tylko do momentu gdy $t_r + t_n = t_p$ (przy wzrastającej różnicy między opóźnieniami).

3 Hamowanie w sytuacji gdy pojazd nadążający rozwija większe opóźnienie niż pojazd poprzedzający



Rys. 2. Określenie minimalnego odstęp między pojazdami podczas jazdy z tą samą prędkością w przypadku gdy $t_r + t_n < t_p$; v_w – prędkość wspólna, t_w – czas wspólnej prędkości,

Fig. 2. Description of minimum distance between vehicles during drive with same travel speed when $t_r + t_n < t_p$; v_w – common speed, t_w – time of common speed

W tej sytuacji hamowanie pojazdów wygląda odmiennie. Początkowo odległość pomiędzy nimi maleje aby po czasie t_w zacząć się powiększać. Czas ten zwany czasem wyrównania prędkości można wyliczyć dla obu pojazdów:

$$t_w = \frac{v - v_w}{a_p} = t_r + \frac{v - v_w}{a_n} \quad (2)$$

a zatem

$$t_w = \frac{a_n}{a_n - a_p} t_r \quad (3)$$

$$v_w = v - \frac{a_n a_p}{a_n - a_p} t_r = v - t_w a_p \quad (4)$$

Minimalny odstęp będzie równy różnicy dróg przebytych do chwili t_w czyli:

$$s_0 = vt_r + \left[v(t_w - t_r) - \frac{a_n(t_w - t_r)^2}{2} \right] - \left[vt_r - \frac{a_p t_w^2}{2} \right] \quad (5)$$

Po przekształceniach:

$$s_0 = \frac{1}{2} \frac{a_p a_n}{a_n - a_p} t_r^2 [m] \quad (6)$$

lub po podstawieniu (3)

$$s_0 = \frac{1}{2} a_p t_w t_r [m] \quad (7)$$

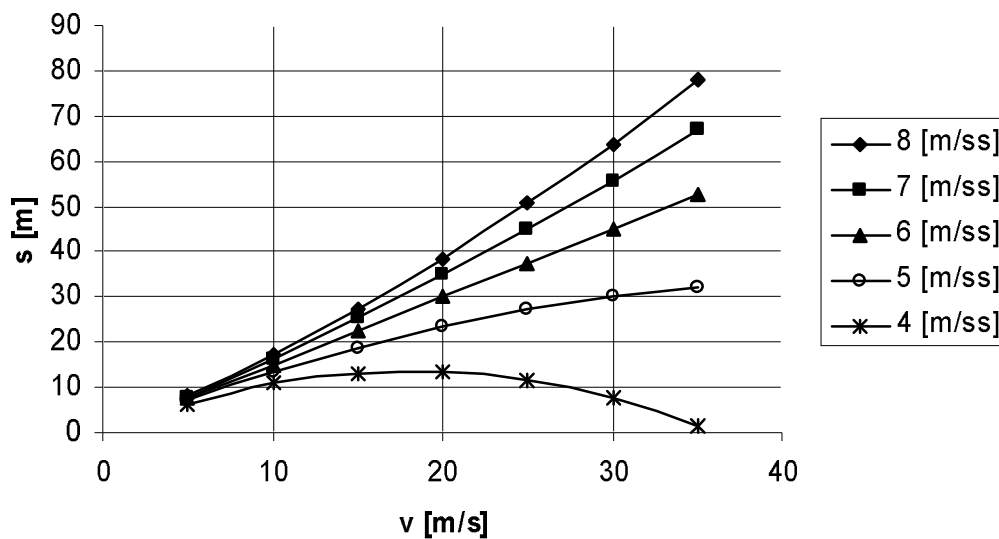
Można zauważyć, iż na podstawie wzoru (2) dla $v = t_w a_p$, $v_w = 0$ i $t_w = v_p / a_p = t_p$. Także na podstawie drugiej części tego samego wzoru gdy $t_w = t_r + v/a_n$, to $t_w = t_r + t_n$. Zatem jak wspomniano we wstępie powyżej pewnej prędkości granicznej wymagany odstęp między pojazdami przestaje zależeć od prędkości z jaką się poruszają owe pojazdy:

$$v_{gr} = \frac{a_p a_n}{a_n - a_p} t_r \quad (8)$$

Jak ukazuje rys. 2 pojazd poprzedzający zatrzyma się dalej niż pojazd nadążający a pomiędzy nimi zostanie wolny odcinek drogi o długości $s_0 + s_p - s_n - s_r$.

4 Podsumowanie

Przyglądając się powyższym wykresom łatwo zauważyć, że niezbędny odstęp zależy w głównej mierze od tego jakie opóźnienie są w stanie rozwinąć rozpatrywane pojazdy. I tak jadąc pojazdem ciężarowym za pojazdem osobowym należy zachować większy odstęp niż w sytuacji odwrotnej. Ale jeśli oba pojazdy poruszają się po jezdni o niskim współczynniku tarcia z oponą, to wymagany odstęp przestaje zależeć od maksymalnie możliwych opóźnień pojazdów, bo te stają się jednakowe, narzucone wyżej wymienionymi warunkami. Dlatego każdy kierowca powinien rozpatrywać wiele czynników mających wpływ na długość drogi zatrzymania pojazdu a co najważniejsze własną kondycję psychofizyczną, bo jak wynika z doświadczenia znaczna część drogi zatrzymania pokonywana jest właśnie w czasie reakcji. Przestaje słuszną być dawniej stosowana zasada, iż należy zachować odstęp równy liczbowo prędkości jazdy w km/h, gdyż powstaje wtedy zbyt duża luka pomiędzy pojazdami w którą mogą wjeżdżać inne pojazdy wyprzedzające, zmniejszając tym samym wymagany odstęp poniżej wartości bezpiecznej.



Rys. 3. Minimalne odstępki podczas jazdy samochodu o możliwym opóźnieniu 6m/s^2 za pojazdami z układami hamulcowymi różnej wydajności
 Fig. 3. Minimum distances during car driver with delay possibility 6m/s^2 behind vehicles with different brake system productivity

Na rys. nr 3 linia obrazująca jazdę za pojazdem hamującym z opóźnieniem 4m/s^2 od pewnego momentu zaczyna opadać co jest spowodowane zmianą relacji czasów z $t_r + t_n > t_p$ na $t_r + t_n < t_p$, wtedy to właśnie jak już wcześniej wspomniano przestaje obowiązywać wzór (1) a zaczyna obowiązywać wzór (6). Jest to właśnie wyżej opisany moment od którego niezbędny odstęp między pojazdami przestaje zależeć od prędkości. Trudno jest jednak wymagać aby kierowca na bieżąco wyliczał sobie tę odległość według skomplikowanego wzoru (1) lub (6). Można podać przybliżoną zależność według której można orientacyjnie określić bezpieczny odstęp. Literatura niemiecka podaje: $s_0 = 0,3V = 1,1v$, lub dla jazdy szosowej $s_0 = 0,5V = 1,8v$ [2] gdzie V jest prędkością wyrażoną w km/h a v w m/s. Zależność między nimi jest następująca: $V = 3,6v$. Kierujący powinien zatem zachować odstęp odpowiadający drodze przebytej w czasie własnej reakcji powiększony o zapas bezpieczeństwa 2m.

Literatura

1. Arczyński S.: *Mechanika Ruchu Samochodu*. WNT, Warszawa 1993.
2. Unarski J.: *Problemy Jazdy w Kolumnie, Wyprzedzania i Omijania*. Vademecum Bieglego Sądowego, IES Kraków 2002.
3. Bosch: *Informator Motoryzacyjny*. WKŁ, Warszawa 1982.

Streszczenie

W pracy przedstawiono zagadnienie zachowania bezpiecznego odstępu od poprzedzającego pojazdu. Ukazano w jaki sposób należy rozpatrywać ten problem

i że podejście czysto intuicyjne bywa najczęściej zawodne. Zgłębiając niezbędną wiedzę z zakresu mechaniki ruchu pojazdu, przy użyciu nowoczesnej techniki nauczania jaką jest e-learning, można określić tę problematyczną odległość. Wykazano, iż do pewnej prędkości odstęp niezbędny zależy od prędkości pojazdów, czasu reakcji kierowcy nadążającego i opóźnień możliwych do rozwinięcia przez pojazdy. Powyżej pewnej prędkości odstęp ten uzależniony jest tylko od opóźnień pojazdów i czasu reakcji kierującego pojazdem jadącym za pojazdem poprzedzającym.

Remote drivers training in range of mechanic movement – properly distances between vehicles

Summary

In this work has been introduced problem of maintain safe distance between vehicles go into necessary Moving Mechanic recommended knowledge through e-learning method. We can learn how to maintain right distance between vehicles this to sure speed necessary distance depend on speed drive and time of driver reaction and delays feasibility. From certain speed this distance is independent on drive speed.