

ECO-DRIVING, PRZEGLĄD STANU ZAGADNIENIA

Dośkonalenie techniki jazdy ze względu na korzyści ekonomiczne, ekologiczne oraz eksploatacyjne pojazdu określane terminem eco-driving, jest rozwiązaniem posiadającym duży potencjał aplikacyjny w różnych warunkach użytkowania pojazdów. W artykule przybliżono ideę eco-drivingu oraz zaprezentowano obszerny przegląd literatury w zakresie tej tematyki. Zaprezentowano też dostępne na wyposażeniu pojazdów układy wspomagające kierowcę, w zakresie ekonomiki jazdy. Artykuł jest wprowadzeniem w problematykę eko-jazdy i możliwości płynących z jej stosowania popartych doniesieniami literaturowymi z kraju i ze świata realizowanych przez różne ośrodki badawcze, a także doświadczeń autorów.

WSTĘP

Motoryzacja poza wieloma oczywistymi korzyściami dla ludzkości niesie również za sobą negatywne skutki w postaci wzrostu niebezpieczeństwa dla uczestników ruchu drogowego oraz wpływa na wzrost zanieczyszczeń w środowisku naturalnym. Przyczyną tego stanu rzeczy są różnego rodzaju wypadki komunikacyjne oraz emisja pochodząca ze spalania paliw w silnikach zasilających środki transportu oraz emisja pyłów z innych układów i elementów pojazdów oraz hałas.

Na początku lat 70 dwudziestego wieku zaczęto zauważać problem zanieczyszczenia środowiska pochodzący od środków transportu drogowego. Spowodowało to zmianę ustawodawstwa oraz rozwój systemów ograniczających emisję spalin z silników zasilających pojazdy samochodowe. W tabeli 1, zestawiono szereg norm emisyjnych dla pojazdów samochodowych zasilanych silnikami o zapłonie iskrowym. Natomiast w tabeli 2, zestawiono normy obowiązujące dla samochodów zasilanych silnikami o zapłonie samoczynnym.

Tab. 1. Dopuszczalne wartości emisji spalin dla silników o zapłonie iskrowym

Nazwa normy	Data obowiązywania normy, od:	Składniki spalin [g/km]				
		CO	HC	NOx	HC+NOx	PM
EURO 1	1.07.1992 r.	2,72	-	-	0,97	-
EURO 2	1.10.1996 r.	2,2	-	-	0,5	-
EURO 3	1.10.2001 r.	2,3	0,20	0,15	-	-
EURO 4	1.10.2006 r.	1,0	0,1	0,08	-	-
EURO 5	1.10.2009 r.	1,0	0,1	0,06	-	0,005
EURO 6	1.01.2014 r.	1,0	0,1	0,06	-	0,005

Tab. 2. Dopuszczalne wartości emisji spalin dla silników o zapłonie samoczynnym

Nazwa normy	Data obowiązywania normy, od:	Składniki spalin [g/km]				
		CO	HC	NOx	HC+NOx	PM
EURO 1	1.07.1992 r.	3,16	-	-	1,13	0,14
EURO 2	1.10.1996 r.	1,0	0,15	0,55	0,7	0,08
EURO 3	1.10.2001 r.	0,64	0,06	0,5	0,56	0,05
EURO 4	1.10.2006 r.	0,5	0,05	0,25	0,3	0,009
EURO 5	1.10.2009 r.	0,5	0,05	0,18	0,23	0,005
EURO 6	1.01.2014 r.	0,5	0,05	0,08	0,17	0,005

W ostatnim czasie zwrócono szczególną uwagę na emisję CO₂ oraz cząstek stałych PM. Emisja zanieczyszczeń powietrza ma negatywny wpływ zarówno na środowisko i zdrowie człowieka oraz na zmiany klimatyczne [41, 47]. Stwierdzono, że emisje z sektora transportu obejmują 26% całkowitej emisji CO₂ w UE i w tej strefie są głównym czynnikiem zanieczyszczenia powietrza na całym świecie [33]. Również problemy związane z zagrożeniem bezpieczeństwa ze strony pojazdów w postaci różnego typu wypadków drogowych są ciągle aktualnym i podejmowanym zagadnieniem naukowo-badawczym [6, 9, 13, 18, 24, 49, 50, 52].

Dzięki osiągnięciom techniki kierowca dysponuje pojazdem wyposażonym w wiele systemów bezpieczeństwa i wspomagających kierowcę, dzięki czemu ma możliwość większej koncentracji i może w pełni skupić swoją uwagę na analizowaniu zmieniającej się sytuacji drogowej. Ponadto dysponujemy coraz nowszą infrastrukturą drogową, której stan również wpływa na jakość jazdy i bezpieczeństwo [24]. Pamiętać należy, że systemy bezpieczeństwa nie zwalniają z odpowiedzialności człowieka za kierowanie pojazdem i system transportowy. To człowiek spośród wszystkich elementów tego systemu ma największe możliwości adaptacyjne do zmieniających się warunków i wymagań [6]. Zatem od podjętych przez kierowcę decyzji zależy zachowanie jego pojazdu na drodze oraz wymusza ono interakcje innych uczestników ruchu. Czynnika- mi na które wpływają decyzje kierowcy są:

- ekonomika jazdy,
- płynność jazdy i ograniczanie zjawiska kongestii,
- wpływ na poziom emisji spalin, zależny od stylu jazdy i umiejętności kierowcy,
- wpływ na emisję innych zanieczyszczeń (pył, hałas),
- bezpieczeństwo transportu drogowego, reakcje innych uczestników ruchu na działania kierowcy,
- komfort i koszty podróżowania indywidualnymi środkami transportu.

W literaturze można znaleźć wiele publikacji naukowych w których poruszano tematykę bezpieczeństwa w transporcie drogowym [6, 8, 9, 12, 13, 18, 25, 28, 31, 52] i wpływu środków transportu na środowisko naturalne [4, 5, 10, 14, 15, 20, 22, 23, 26, 29, 30, 33, 45]. W celu ograniczenia negatywnego wpływu ruchu samochodowego miasta stosują różne środki [19]. Mogą to być między innymi nowe metody techniczne, legislacyjne oraz pedagogiczne i psychologiczne. W roku 2010 Zgromadzenie Ogólne ONZ przyjęło rezolucję na temat planu działań wszystkich krajów na rzecz poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego [32]. Zalecenia zawarto w dokumencie Plan Globalny dla Dekady Działań na rzecz Bezpieczeństwa

Ruchu Drogowego 2011-2020 [55]. Fundamentalną intencją całego przedsięwzięcia jest uchronienie 5 milionów ludzi przed śmiercią w wyniku wypadku drogowego w latach 2011-2020 [32]. W roku 2013 na drogach Europy w wyniku wypadków drogowych zginęło około 26000 osób [53].

W skali globalnej jednym z nowszych rozwiązań jest doskonalenie techniki jazdy ze względu na korzyści ekonomiczne, ekologiczne oraz eksploatacyjne pojazdu określane terminem *eco-driving*. W artykule przybliżono ideę *eco-drivingu* oraz zaprezentowano obszerny przegląd literatury w zakresie tej tematyki. Artykuł jest wprowadzeniem w problematykę *eko-jazdy* i możliwości płynących z jej stosowania popartych doniesieniami literaturowymi z kraju i ze świata realizowanych przez różne ośrodki badawcze.

1. O ECO-DRIVINGU, GENEZA

Doskonalenie techniki jazdy ze względu na korzyści ekonomiczne, ekologiczne oraz eksploatacyjne pojazdu przyjęto w literaturze określać terminem „*eco-driving*”. Polskim odpowiednikiem może być termin „*eko-jazda*”. *Eco-driving* to termin, który został użyty po raz pierwszy w połowie lat 90. XX w. w Skandynawii [51], realizowane przez Szwedzkie Krajowe Stowarzyszenie Nauki Jazdy w 1998 roku. W 2001 roku Europejski Program Zmian Klimatycznych (ECCP) oszacował potencjał do znacznego zmniejszenia emisji CO₂ z wykorzystania szkoleń i edukacji *eco-drivingu* [17]. Programy *eco-driving* realizowano od 2001 roku, w Holandii, Niemczech, Finlandii i Szwajcarii. *Eco-driving* został wdrożony w szkołach jazdy, jazdy programów licencji, floty transportu publicznego i floty pojazdów komercyjnych [21]. W nowych krajach Unii Europejskiej ten system zaczyna budzić zainteresowanie i jeszcze długa droga do jego powszechnego zastosowania w praktyce.

Zagadnienie to jest mocno opisywane w wielu publikacjach o zasięgu światowym w okresie ostatniej dekady. Badacze dostrzegają potencjał w ekologicznej jeździe (*eco-driving*), na poprawę bezpieczeństwa użytkowników transportu [1, 2, 3, 17, 20, 21, 22, 34, 37, 40, 44, 49, 50, 54], ograniczenie zmian klimatycznych poprzez świadomą redukcję gazów cieplarnianych i emisję pyłów [4, 15, 29, 47] oraz ekonomicznych, wyrażanych poprzez zmniejszenie zużycia paliwa przez silniki pojazdów [3, 5, 11, 31, 38, 39, 43, 45, 46, 54].

W Polsce idea *eko-jazdy* jest stosunkowo słabo rozwinięta i dopiero zaczyna nabierać znaczenia, świadczy o tym dosyć mała liczba doniesień publikacyjnych i badawczych [2, 22, 27, 46, 51]. Co prawda występuje jako element kursów na prawo jazdy, jednak jest traktowany raczej marginalnie. Głównym celem kursu jest prawidłowe panowanie nad pojazdem i zagadnienia teoretyczne prawa ruchu drogowego.

Jednym ze sposobów na zmniejszenie zużycia paliwa i emisji spalin jest dostosowanie korzystania z pojazdu do szczególnych warunków, w których prowadzimy działalność [31]. Należy zwrócić uwagę na to, że efektywność pojazdu nie jest stała w trakcie jego działania, lecz zależy od poszczególnych komponentów układu napędowego, które związane są z prędkością i przyspieszaniem pojazdu. Skrucany i współnicy badali pojazd ciężarowy w tunelu aerodynamicznym i zauważają, że korzystanie z urządzeń aerodynamicznych przyczepy jest jednym z wielu sposobów na zmniejszenie zużycia paliwa [39]. Pozostałe czynniki (agresywna jazda, nadmierne duże prędkości obrotowe silnika, wybór trasy, ustawienia silnika, konserwacja opon, użytkowanie klimatyzacji, nadmierna jazda na biegu jałowym, dodatkowy ciężar i niewłaściwy olej silnikowy), nad którymi kierowca ma kontrolę, mogą przyczynić się, w sumie, do około 45% zmniejszenia zużycia paliwa w ruchu drogowym [38]. Kluczowym przy zmniejszaniu zużycia paliwa jest stała

w czasie zmiana zachowań kierowcy, wyuczenie i stosowanie nawyków *eko-jazdy*. Można znaleźć opracowania badawcze, w których koncentrowano się nad opracowaniem modelu ekonomicznej jazdy i kształceniu kierowców [7]. Jak wykazał Beusen w swojej pracy [7], jest to bardzo trudne do osiągnięcia dla niektórych z uczestników programu. Delhomme i inni [15], przeprowadziła badanie wśród francuskich kierowców, aby ustalić ich opinie w odniesieniu do *eko-jazdy* i jak czują się po przyjęciu stylu *eko-jazdy*. Wyniki pokazały, że większość respondentów powiedziała, że będzie im łatwo dostosować się do stylu jazdy ekologicznej. Wyniki pokazały również, że kierowcy młodzi i w średnim wieku wykazali trudności dostosowania się do stylu *eko-jazdy*. Może to być wynikiem braku dostatecznej motywacji u tych respondentów do zmiany stylu jazdy.

Eco-driving to określenie (możliwość) dotyczące oszczędzania energii i ochrona środowiska [21]. *Eco-Driving* został zdefiniowany jako proces podejmowania decyzji, które będą miały wpływ na zużycie paliwa i intensywność emisji z pojazdu, aby zmniejszyć negatywny wpływ na środowisko [38]. Wpływ stylu jazdy na zużycie paliwa jest zauważalny w wielu badaniach sprawozdawczych a oszczędności paliwa uzyskiwano również dzięki zastosowaniu systemów jazdy ekologicznej [11, 26, 34, 38, 39, 42, 48].

Rouzikhah i inni [37] badali wpływ różnych czynników odwracających uwagę kierowcy (np. zmiana płyt CD, obsługa nawigacji itp.), na *eko-jazdę*. Badania w warunkach naturalnych wykazały, że około 78% wypadków i 65% sytuacji bliskich wypadkom spowodowanych jest czynnikami wpływającymi na odwrócenie uwagi [25]. Wielkości procentowe mogą wydawać się wysokie, ale w badaniu, występowały: czynnik zmęczenia, ogólne odwrócenie uwagi na drodze i rozproszenia lub działania drugorzędne [36]. Young i Lenné [50], w swoich badaniach stwierdzają, że rozproszenie było czynnikiem decydującym w 23% wypadków i sytuacji, w której prawie doszło do wypadku.

Barkenbus w opracowaniu [4] sugeruje, że jazda ekologiczna jest pominiętą inicjatywą zmian klimatu i podążanie za polityką *eco-drivingu* może przynieść obniżenie zużycia paliwa o 10% co z kolei spowoduje redukcję emisji spalin. Wiele badań wykazało, że profitem płynącym z jazdy ekologicznej może być redukcja emisji spalin w zakresie od 5 do 20% [40]. Nie wszyscy jednak dostrzegają pozytywne strony stosowania *eko-jazdy*. Mensing i współnicy w opracowaniu [30] wykazali, że o ile zużycie paliwa przez pojazd kierowany w technice *eko-jazdy* jest możliwe do uzyskania, to już wpływ redukcji emisji związków toksycznych nie przynosi tak oczywistych rezultatów.

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury stwierdzono, że występuje zainteresowanie ekonomiczną jazdą i doskonaleniem umiejętności techniki jazdy przez firmy posiadające własną flotę pojazdów [2, 20, 39, 42, 48], zarówno osobowych jak i ciężarowych realizujących transport lokalny i tranzytowy. Zastosowanie wszelkiego rodzaju możliwości ograniczania kosztów transportu jest bardzo istotne dla przedsiębiorstw transportowych. Stosunkowo mało prac badawczych [44, 49] odnosi się do indywidualnych użytkowników pojazdów. Zapewne spowodowane jest to dużym rozproszeniem kierowców i zależy od ich osobistych preferencji co do wyboru techniki jazdy.

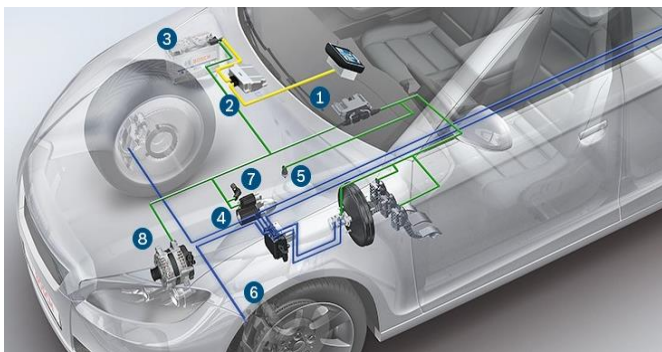
Jak wiadomo, bardzo istotnym czynnikiem dla poprawy bezpieczeństwa są specyficzne warunki danego obszaru terytorialnego, stan techniczny dostępnej infrastruktury drogowej, stan techniczny pojazdu, zagęszczenie ludności oraz cel podróży indywidualnymi środkami transportu. Większość kierowców indywidualnych w przeważającej mierze porusza się tą samą trasą, o tej samej porze dnia i przy porównywalnych warunkach ruchu (droga do miejsca pracy, szkoły, sklepu), przeważnie w strefie miejskiej lub/i miejskiej i pod-

miejskiej. Można ją umownie nazwać trasą rutynową. Z tego względu istnieje możliwość aplikacji nowych nawyków jazdy ekologicznej przez kierowców, w krótkim czasie i z potencjalnie dużym powodzeniem sukcesu, tzn., że kierowcy będą tę technikę stosować podczas codziennej jazdy.

2. SYSTEMY WSPOMAGANIA KIEROWCY W ZAKRESIE ECO-DRIVING'U

W dobie postępu technologicznego większość producentów pojazdów samochodowych stawia na strategię rozwoju systemów elektronicznych wspomagających kierowcę podczas jazdy. Przede wszystkim w zakresie doboru odpowiednich parametrów pracy silnika, kładąc duży nacisk na aspekt ochrony środowiska tj. zmniejszenie przebiegowego zużycia paliwa (ograniczenie emisji CO₂), zwiększenie wykorzystania źródeł odnawialnych jako nośnika energii. Tym samym, poszczególni producenci stosują w swoich pojazdach systemy wspomagające kierowcę podczas podróżowania (system kontroli ciśnienia w oponach, system start-stop, wskaźnik zmiany biegów) oraz stopniowo wprowadzają do użycia komercyjne systemy wspomagające analizę sposobu kierowania pojazdu przez poszczególnych użytkowników, przy użyciu programu komputerowego. Według badań przeprowadzanych przez Duschl [16] i Popiv [35], dzięki zmianie sposobu prowadzenia samochodu na „ekonomiczny”, możliwym jest ograniczenie przebiegowego zużycia paliwa o blisko 25-50%.

Aktualnie, szerokie zastosowanie w pojazdach samochodowych znalazł system start-stop. Składa się z zespołu urządzeń (patrz rys. 2.), które umożliwiają samoczynne wyłączenie pracy silnika w czasie postoju, jak również jego samoczynne włączenie po uprzednim naciśnięciu na pedał sprzęgła (w przypadku samochodu wyposażonego w manualną przekładnię zmiany biegów) lub puszczenia pedału hamulca (w pojeździe wyposażonym w automatyczną przekładnię zmiany biegów).

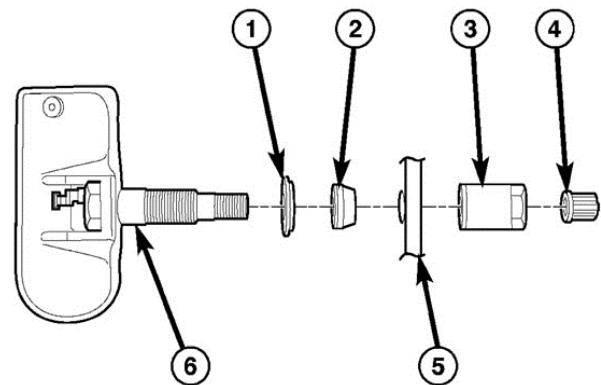


Rys. 2. System start-stop [56], 1 - sterownik silnika z oprogramowaniem start/stop, 2 - przetwornica dc/dc 12V, 3 - akumulator przystosowany do większej liczby cykli pracy (technologia agm lub efb) i czujnik stanu akumulatora, 4 - rozrusznik do systemów start/stop, 5 - czujnik biegu neutralnego, 6 - czujnik prędkości pojazdu, 7 - aktywny czujnik obrotów i położenia wału korbowego, 8 - alternator z funkcją odzyskiwania energii hamowania

Zasada działania powyższego systemu jest następująca: po zatrzymaniu przez kierowcę pojazdu i wyłączeniu biegu, system równocześnie wyłącza silnik. Od powyższego momentu wyłącznym źródłem energii niezbędnej do pracy poszczególnych odbiorników w pojeździe (min. urządzenia audio, klimatyzacja, systemy nawigacyjne) jest akumulator, dzięki czemu możliwym jest uzyskanie niższego zużycia paliwa oraz zmniejszenie chwilowej emisji CO₂ do zera. Jeżeli kierowca naciśnie na pedał sprzęgła w celu wznowienia jazdy lub zdejmie stopę z pedału hamulca (w przypadku skrzyń

automatycznych), silnik uruchomi się samoczynnie. Według wskaźników zawartych w nowym europejskim cyklu jazdy NEFZ (metoda pomiaru zużycia paliwa dla samochodów osobowych) producenci pojazdów samochodowych przeprowadzili badania, które wskazują na obniżenie emisji zanieczyszczeń oraz zmniejszenie zużycia paliwa na poziomie blisko 8%, poprzez wprowadzenie do techniki motoryzacyjnej systemu start-stop. Szacuje się, że rzeczywiste oszczędności w ruchu miejskim mogą wynosić blisko 15%. Uzyskane korzyści dotyczą zarówno kierowców – oszczędność paliwa, jak i przyczyniają się do ochrony środowiska (mniejsza emisja zanieczyszczeń do atmosfery) – bez względu na odmienny styl jazdy każdego kierowcy [56].

Ekonomiczny styl jazdy może być wspierany przez nowoczesne rozwiązania techniczne również pośrednio, min. przy pomocy TPMS – Tire Pressure Monitoring System – systemu kontroli ciśnienia w oponach. Jako priorytet w pracy ww. systemu uznano konieczność bieżącej kontroli ciśnienia w ogumieniu podczas jazdy lub jego różnic w poszczególnych oponach, umożliwiając użytkownikowi szybką reakcję w chwili wystąpienia nieprawidłowości. Stosowanie systemu TPMS przekłada się głównie na czynne bezpieczeństwo pojazdu, wygodę prowadzenia oraz redukcję zużycia paliwa [8]. Najszersze zastosowanie znalazły dwa rodzaje systemów: bezpośredni oraz pośredni. System bezpośredni oparty jest na pracy urządzenia umieszczonego w oponie, przy zaworze powietrza (patrz rys. 1.). Złożony jest z czujnika ciśnienia, nadajnika radiowego oraz własnego zasilania. Komputer pokładowy otrzymuje bieżącą informację dotyczącą wartości ciśnienia poszczególnych opon, które następnie przedstawia na umieszczonym w pojeździe wyświetlaczu.



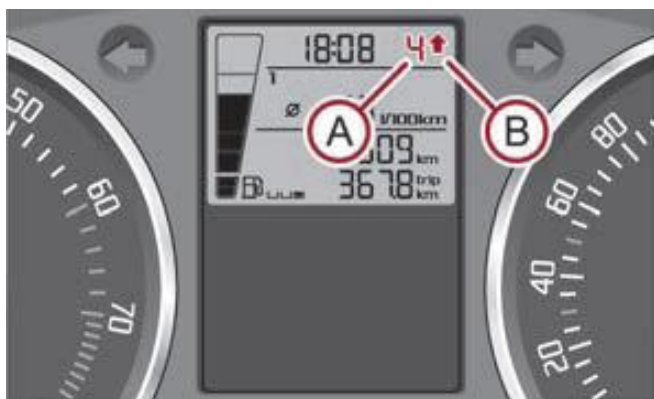
Rys. 1. Czujnik ciśnienia w oponach, 1 - metalowa podkładka, 2 - czujnik uszczelnienia koła, 3 - nakrętka trzpienia zaworu, 4 - nakrętka zaworu, 5 - koło, 6 - czujnik

System pośredni oparty jest na pracy układów ABS oraz ESP (odczyt danych z czujników ABS). Komputer przetwarza informacje dotyczące średnicy kół (wraz ze zmniejszeniem ciśnienia w ogumieniu ulega pomniejszeniu długości promienia koła – koło obraca się szybciej) po czym zostają zliczone obroty kół. W chwili wykrycia nieprawidłowości (zmiany wartości średnicy kół w stosunku do ustawień nominalnych – kalibrowanych przez użytkownika), kierowca otrzymuje stosowną informację w postaci graficznej, informującej o nieprawidłowym ciśnieniu w ogumieniu. Dzięki temu kierowca może w rzeczywistym czasie kontrolować stan ciśnienia w ogumieniu pojazdu.

Nieprawidłowe ciśnienie w ogumieniu wpływa nie tylko na komfort podróżowania, ale również na kontrolę pojazdu podczas skrajnych sytuacji drogowych (nieprzewidzianych hamowań, czy też nagłych manewrów). Dodatkowo niewłaściwy dobór ciśnień w ogumieniu charakteryzuje się zwiększonym zużyciem paliwa oraz opon,

co w dłuższej perspektywie może mieć negatywny wpływ na jakość środowiska naturalnego.

Kolejnym przykładem narzędzia wspomagającego kierowcę w zachowaniu ekonomicznego stylu prowadzenia pojazdu jest system wskazań zmiany biegów w optymalnych warunkach eksploatacyjnych. Każdy producent pojazdów samochodowych może opracować swój autorski system, jednak idea działania jest identyczna we wszystkich rozwiązaniach. Poszczególne technologie bazują na następujących założeniach: wskaźnik zmiany biegów na wielofunkcyjnym ekranie wyświetla aktualnie wybrany bieg (A) (rys. 3.). Aby zredukować zużycie paliwa w czasie jazdy, dodatkowo przedstawiane są wskazania do optymalnego czasu zmiany przełożeń (B). Po wykonaniu obliczeń mających na celu stworzenie optymalnych warunków pracy silnika, na ekranie wyświetlana jest strzałka (B) (skierowana w dół lub w górę – zależnie od zaleceń zmiany przełożeń na wyższe bądź niższe).



Rys. 3. Wskaźniki zmiany biegów, informujący kierowcę o optymalnym momencie zmiany biegu [57]

Producenci samochodów osobowych stawiający na innowacyjny rozwój swoich produktów oraz wsparcie klientów w ekonomicznej jeździe, wprowadzają do użytku specjalnie przygotowane systemy komercyjne. Ich ideą jest analiza stylu kierowania pojazdu, przy użyciu programu komputerowego do którego niezbędne dane importowane są za pośrednictwem pokładowego systemu informatycznego. Zebrane informacje przenoszone są przez użytkowników do komputera przy użyciu pamięci flash, gdzie kolejno specjalnie przygotowany program umożliwia analizę i prezentację sugestii dotyczących efektywnego użytkownika pojazdu. Producenci oraz przedsiębiorstwa są autorami min. programów takich jak.: BMW – ADAS (Advanced Driver Assistance System), Fiat – eco:Drive, Ricardo – Foot-LITE.

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono systemy bezpośrednio lub pośrednio wspomagające kierowcę w zakresie eco-jazdy. Należy jednak zaznaczyć, że to kierowca i jego sposób użytkownika pojazdu ma największy wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego, ograniczenie zużycia paliwa oraz zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Podsumowując, można stwierdzić, że w Polsce idea eco-jazdy jest stosunkowo słabo rozwinięta (pomimo elementów eco-jazdy w trakcie kursu na prawo jazdy) i dopiero zaczyna nabierać znaczenia, świadczy o tym dosyć mała liczba doniesień publikacyjnych i badawczych [2, 22, 27, 44, 46, 51].

Szkolenia z eco-jazdy przyniosły by oczekiwany efekt dla kierowców, którzy już nabrali doświadczenia w kierowaniu pojazdami i mają np. dwu letni staż poruszania się w ruchu drogowym. Mogliby wtedy doskonalić technikę prowadzenia pojazdów w ruchu drogo-

wym, niestety wiązałoby się to z dodatkowymi kosztami związanymi z prowadzeniem takiego szkolenia w warunkach rzeczywistych.

Autorzy podkreślają, że tego typu rozwiązania w transporcie drogowym nie są powszechne i stanowią nowe nie zbadane wystarczająco obszary, które wzorem np.: krajów Skandynawskich mają potencjał do tego aby przyczynić się do poprawy stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz ograniczenia emisji spalin, pyłów i hałasu pochodzących ze środków transportu do środowiska naturalnego.

BIBLIOGRAFIA

1. Alam M.S., McNabola A., *A critical review and assessment of Eco-Driving policy & technology: Benefits & limitations*, „Transport Policy” 2014, no. 35 pp. 42-49.
2. Auerbach P., Kukla W., *Istota i zasady ekof jazdy, czyli integralna część szkolenia w przedsiębiorstwach świadczących usługi transportowe*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzanie” 2013, nr 60, s. 5-19.
3. Automobile Association. *Eco-driving advice*. 2011.
4. Barkenbus J.N., *Eco-driving: An overlooked climate change initiative*, „Energy Policy” 2010, no. 38 pp. 762-769.
5. Barta D., Mruzek M., Kendra M., Kordos P., Krzywonos L., *Using of non-conventional fuels in hybrid vehicle drives*, „Advances in Science and Technology-Research Journal” 2016, vol. 10, no 32, pp. 240-247.
6. Bąk-Gajda D., Bąk J., *Psychologia transportu i bezpieczeństwa ruchu drogowego*, Difin, Warszawa 2010.
7. Beusen B., Broekx S., Denys T., Beckx C., Degraeuwe B., Gijssbers M., Scheepers K., Govaerts L., Torfs R., Panis L.I., *Using on-board logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course*, „Transportation Research Part D” 2009, no. 14, pp. 514-520.
8. Caban J., Drożdźiel P., Barta D., Liščák Š., *Vehicle tire pressure monitoring systems*, „Diagnostyka” 2014, vol. 15, no. 3, s. 11-14.
9. Caban J., Drożdźiel P., Liščák Š., *Wybrane aspekty stanu bezpieczeństwa w transporcie drogowym*, „Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów” 2012, nr 3, s. 13-20.
10. Caban J., Drożdźiel P., Liščák Š., Šarkan B., *Badania emisji pojazdów z silnikami o zapłonie samoczynnym w wybranej SKP-ŽU w Žilinie na Słowacji*, „Logistyka” 2014, nr 3, s. 938-945.
11. Caban J., Holeša L., Šarkan B., *Measurement of fuel consumption of a road motor vehicle by outdoor driving testing*, „Advances In Science And Technology Research Journal” 2013, vol. 7, no. 19, pp. 70-74.
12. Caban J., Marcuk A., Šarkan B., Vrabel J., *Studies on operational wear of glycol-based brake fluid*, „Przemysł Chemiczny” 2015, vol. 94, nr 10, s. 1802-1806.
13. Caban J., Vrabel J., Drożdźiel P., *Stan bezpieczeństwa transportu drogowego w Polsce i na Słowacji w porównaniu z innymi krajami UE*, „Autobusy” 2013, nr 3, s. 1129-1138.
14. Caulfield B., Brazil W., Fitzgerald K.N., Morton C., *Measuring the success of reducing emissions using an on-board eco-driving feedback tool*, „Transportation Research Part D” 2014, no. 32, pp. 253-262.
15. Delhomme P., Cristea M., Francoise P., *Self-reported frequency and perceived difficulty of adopting eco-friendly driving behaviour according to gender, age, and environmental concern*, „Transportation Research Part D” 2013, no. 20, pp. 55-58.

16. Duschl M., Klinker G., Popiv D., Laquai F., Mariana R., *Brideye visualization for assisting prospective driving*, FISITA 2010 World Automotive Congress, Budapest 2010, F2010-A-121.
17. *Eco-Driving: the smart driving style*. SenterNovem, 2005. <http://www.thepep.org/ClearingHouse/docfiles/ecodriving.pdf>
18. Figlus T., Wilk A., Gawron A., *Analiza stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego dla obszaru miasta*, „Logistyka” 2014, nr 3, s. 1698-1706.
19. Gogola M., Hocova M., *Deurbanisation and mobility*. 6th Transport Research Arena (TRA), „Transportation Research Procedia” 2016, Vol. 14, pp. 1193-1200.
20. Hennig W., *Ford eco-driving: The clever move*, Vehicle environmental engineering & ford Europe, Cologne Germany 2004.
21. Ho S.H., Wong Y.D., Chang V.W.C., *What can eco-driving do for sustainable road transport? Perspectives from a city (Singapore) eco-driving programme*, „Sustainable Cities and Society” 2015, no. 14, pp. 82-88.
22. Judzińska-Kłodawska A., *Wpływ wybranych elementów eco-drivingu na zmniejszenie zużycia paliwa oraz emisję CO₂*, „Autobusy” 2013, nr 10, s. 139-142.
23. Kampf R., Stopka O., Bartuska L., Zeman K., *Circulation of vehicles as an important parameter of public transport efficiency*, In Transport Means - Proceedings of the 19th International Scientific Conference on Transport Means, Kaunas (Lithuania) Kaunas University of Technology, 2015, pp. 143-146.
24. Kampf R., Stopka O., Kubasakova I., Zitricky V., *Macroeconomic evaluation of projects regarding the traffic constructions and equipment*, World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2016, WMCAUS 2016, „Procedia Engineering” 2016, vol. 161, pp. 1538-1544.
25. Klauer, S., Dingus, T.A., Neale, V.L., Sudweeks, J.D., Ramsey, D.J., *The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk: An Analysis using the 100-car Naturalistic Driving Study Data*, National Highway Traffic Safety Administration, 2006.
26. Larsson H., Ericsson E., *The effects of an acceleration advisory tool in vehicles for reduced fuel consumption and emissions*, „Transportation Research Part D, Transportation Environmental” 2009, 14(2), pp. 141-146.
27. Lempart M., Malik P., *Proste rozwiązania – wymierne korzyści, czyli ekojazda w koncepcji zrównoważonego rozwoju*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzanie” 2013, nr 60, s. 63-74.
28. Majerová Z., Rievaj V., *Legislation and road safety*, „Archives of Transport System Telematics”, 2013, Vol. 6, no. 1, s. 37-40.
29. Majerová Z., Vrábek J., *Environmentálne problémy v depreve*, „Podniková ekonomika a manažment” 2013, no. 1, s. 70-74.
30. Mensing F., Bideaux E., Trigui R., Ribet J., Jeanneret B., *Eco-driving: An economic or ecologic driving style?* „Transportation Research Part C” 2014, no. 38, pp. 110-121.
31. Mensing F., Bideaux E., Trigui R., Tattegrain H., *Trajectory optimization for eco-driving taking into account traffic constraints*, „Transportation Research Part D” 2013, no. 18, pp. 55-61.
32. Narodowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013-2020. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa, 2013.
33. Nocera S., Cavallaro F., *Policy effectiveness for containing CO₂ emissions in transportation*, „Procedia - Social and Behavioral Sciences” 2011, no. 20, pp. 703-713.
34. Nozaki K., Hiraoka T., Takada S., Shiose T., *Effect of active effort in eco-driving support system on proficiency of driving skill*, Proceedings of the SICE Annual Conference, 20-23 August 2013. Akita, Japan, pp. 646-651.
35. Popiv D., Bengler K., Rakic M., Duschl M., Laquai F., *Reduction of fuel consumption by early anticipation and assistance of deceleration phases*, FISITA 2010 World Automotive Congress, Budapest 2010, F2010-A-141.
36. Regan, M.A., Lee, J.D., Young, K.L., *Driver Distraction: Theory, Effects and Mitigation*, CRC Press, USA, 2009.
37. Rouzikhah H., King M., Rakotonirainy A., *Examining the effects of an eco-driving message on driver distraction*, „Accident Analysis and Prevention” 2013, no. 50, pp. 975-983.
38. Sivak M., Schoettle B., *Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy*, „Transport Policy” 2012, no. 22, pp. 96-99.
39. Skrucany T., Sarkan B., Gnap J., *Influence of aerodynamic trailer devices on drag reduction measured in a wind tunnel*, „Eksplotacja I Niezawodność-Maintenance And Reliability” 2016, Vol. 18 Is. 1, pp. 151-154.
40. Stillwater, T., Kurani, K., *In-vehicle ecodriving interface: Theory, design and driver responses*, 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January, 2012.
41. Strawa A.W., Kirchstetter T.W., Hallar A.G., Ban-Weiss G.A., McLaughlin J.P., Harley R.A., Lunden M.M., *Optical and physical properties of primary on-road vehicle particle emissions and their implications for climate change*, „Journal of Aerosol Science” 2010, 41(1), pp. 36-50.
42. Strömberg H.K., Karlsson I.C.M., *Comparative effects of eco-driving initiatives aimed at urban bus drivers-results from a field trial*. „Transportation Research Part D” 2013, no. 22, pp. 28-33.
43. Suzdaleva B., Nagy I., *Data-based speed-limit-respecting eco-driving system*, „Transportation Research Part C” 2014, no. 44, pp. 253-264.
44. Trela, M., *„Ecodriving” jako sposób ograniczenia kosztów prywatnych i społecznych*, „Logistyka” 2014, nr 4, s. 4994-5000.
45. U.S. Department of Energy, office of energy efficiency and renewable energy & U.S. Environmental protection agency. Fuel Economy Guide 2012.
46. Ubysz A., *Effective efficiency in car engine as a function of reduction ratio during energy-saving speed control*, „Journal of KONES” 2010, Vol. 17, No. 4, pp. 547-552.
47. Uhereketal E., Halenka T., Borken-Kleefeld J., Balkanski Y., Bernsten T., Borrego C., Gauss M., Hoor P., Juda-Rezler K., Lelieveld J., Melas D., Rypdal K., Schmid S., *Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport*, „Atmospheric Environmental” 2010, 44(37), pp. 4772-4816.
48. Vagg C., Brace C.J., Hari D., Akerhurst S., *Development and field trial of a driver assistance system to encourage eco-driving in light commercial vehicle fleets*. „IEEE Transactions Intelligent Transportation Systems” 2013, Vol. 14 (2), pp. 796-805.
49. Vrábek J., Caban J., *Zmena parametrov brzdenia pri použití rôznych brzdoých komponentov*. Technická Diagnostika Stroju a Výrobních Zařízení DIAGO 2015, Sborník 34. Mezinárodní Konference, Ostrava Únor 2015, pp. 334-339.
50. Young, K.L., Lenné, M.G., *Driver engagement in distracting activities and the strategies used to minimise risk*, „Safety Science” 2010, 48(3), pp. 326-332.
51. Zakrzewski, B. Zbyszyński, M., *Pojęcie „Ekojazdy” w aspekcie polityki i przepisów Unii Europejskiej*, „Logistyka” 2014, nr 4.
52. *Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu*, pr. zb. pod red. R. Krystka, WKŁ, 2009.
53. http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/index_en.htm
54. <http://www.ecodrive.org/en/home/>

55. http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/plan_english.pdf
56. https://pl.boschautomotive.com/pl/parts_and_accessories/motor_and_systems/start_stop_system/functionality_start_stop_system/functionality_start_stop_system
57. *Instrukcja obsługi Škoda Octavia*, 2005.

Eco-driving, overview of issues state

The driving techniques improvement because of economic, environmental and operating benefits of vehicle referred to as eco-driving, is a solution having a large application potential in different conditions of vehicle use. The article brought closer the idea of eco-driving and presented an extensive review of the literature regarding this subject. Driver assistance systems available as vehicle equipment in the field

of driving economics were also presented. The article is an introduction to the issues of eco-driving and capabilities resulting from its application supported by literature reports from around the country and the world carried out by various research centers and experienced authors.

Autorzy:

mgr inż. **Jacek Caban** – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Maszyn Rolniczych i Transportowych, 20-612 Lublin, ul. Głęboka 28, jacek.caban@up.lublin.pl

mgr inż. **Mateusz Sopoćko** – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Maszyn Rolniczych i Transportowych, 20-612 Lublin, ul. Głęboka 28.

Dr inż. **Piotr Ignaciuk** – Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Instytut Transportu, Silników Spalinowych i Ekologii, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36.