

Marta Wójcik

Ekologiczno-ekonomiczne rozwiązania techniczne w sektorze motoryzacyjnym. Część II: Rozwiązania ingerujące w pracę silnika

JEL: Q01. DOI: 10.24136/atest.2019.005.

Data zgłoszenia: 20.10. 2018. Data akceptacji: 15.01.2019.

Szybkie tempo rozwoju sektora motoryzacyjnego w ostatnich latach jest jednym z głównych zagrożeń społecznych i ekologicznych. Proekologiczne działania w motoryzacji uwzględniane są obecnie na wszystkich etapach projektowania, produkcji, użytkowania oraz finalnej utylizacji. Zmniejszenie szkodliwego oddziaływania pojazdów na środowisko można osiągnąć poprzez stosowanie ekologicznych materiałów konstrukcyjnych lub montowanie w pojazdach systemów wpływających na zmniejszenie zużycia paliwa. Rozwiązania konstrukcyjne, w szczególności zastosowanie materiałów ulegających biodegradacji lub pochodzących z recyklingu w produkcji pojazdów opisano w pierwszej części artykułu. W poniższej publikacji omówiono systemy ingerujące w pracę silnika, które – w połączeniu z ekologiczną jazdą – pozwalają ograniczyć szkodliwy wpływ motoryzacji na środowisko. Wykonano również wstępne analizy ekonomiczne, uwzględniające wpływ zastosowania ekologicznych systemów w pojazdach na obniżenie rocznych kosztów zakupu paliwa.

Słowa kluczowe: motoryzacja, ekologia, system start-stop, system ACC, system CVT, hamowanie odzyskowe.

Wprowadzenie

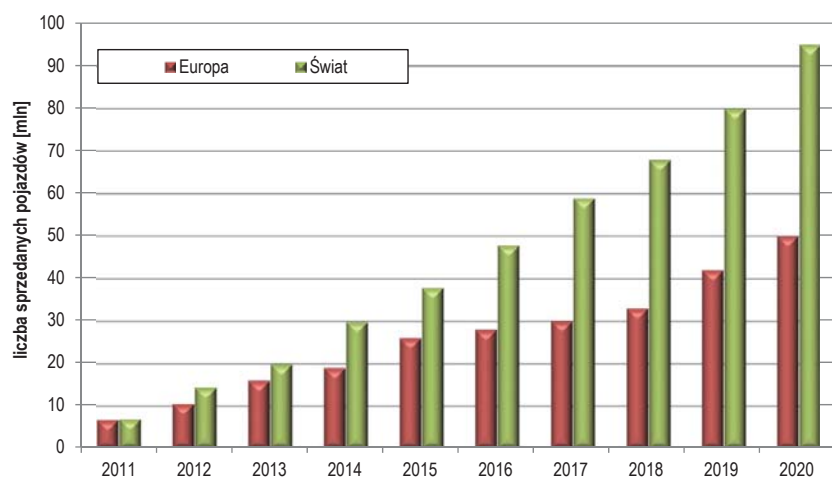
Jak wspomniano w pierwszej części artykułu [44], branża motoryzacyjna jest współcześnie jedną z najszybciej rozwijających się gałęzi gospodarki, przynoszącą niekwestionowane korzyści ekonomiczne. Przemysł motoryzacyjny i branża transportowa są również głównym emitorem szkodliwych związków do otoczenia. Samochody osobowe oraz pojazdy komunikacji miejskiej zasilane konwencjonalnym paliwem są emitorem ponad 15 tys. różnych związków chemicznych, również tych o działaniu mutagennym i kancerogennym [2]. Badania przeprowadzone w Niemczech pod koniec XX w. wykazały, że ponad 60% całkowitej emisji rakotwórczego benzo-pirenu do środowiska wywołuje właśnie sektor motoryzacyjny [39]. Według Merkisz i wsp. [40] największym emitorem zanieczyszczeń są stare pojazdy, których udział w całkowitej produkcji spalin przekracza 16%. Mając na uwadze coraz bardziej zaostrzające się przepisy związane z ochroną środowiska, producenci motoryzacyjni koncentrują się na opracowywaniu i wdrażaniu na szerszą skalę proekologicznych rozwiązań, dzięki którym szkodliwy wpływ pojazdów na środowisko może być w znaczny sposób zmniejszony. Przez ostatnie lata światowe koncerny motoryzacyjne zaproponowały kilka innowacji, które – dzięki ograniczeniu zużycia paliwa przez samochody osobowe i autobusy o kilka czy kilkanaście procent – zapewniają również korzyści ekonomiczne dla użytkowników. Wśród proekologicznych

propozycji w branży motoryzacyjnej wymienia się rozwiązania konstrukcyjne oraz systemy ingerujące w pracę silnika. Propozycje produkcji pojazdów z użyciem ekologicznych materiałów o możliwościach bezproblemowej utylizacji zostały szczegółowo opisane w pierwszej części artykułu [44]. Z kolei w drugiej części skupiono się na rozwiązaniach wpływających na pracę silników, które – w połączeniu z propagowaną w ostatnich latach ideą *eco-drivingu* – warunkują ograniczenie emisji spalin oraz poprawę tzw. petrooszczędności pojazdów. Opisano zasadę działania oraz wpływ na zużycie paliwa takich funkcji stosowanych w samochodach, jak np. system start-stop, układ ACC oraz tryb żeglowania. Wykonano również wstępne analizy ekonomiczne, pokazujące oszczędności w zakresie zużycia paliwa poprzez zastosowanie w samochodach nowych rozwiązań technicznych.

Rozwiązania techniczne ingerujące w pracę silnika

Jednym z proekologicznych rozwiązań w sektorze motoryzacyjnym, determinujących tzw. petrooszczędność pojazdów, jest system start-stop. Choć rozwiązanie znane było już w latach 70. XX w., to jego montaż w pojazdach na szerszą skalę rozpoczęto dopiero w XXI w. Pierwszym samochodem wyposażonym w ww. system był model Toyoty Crown z 1974 r. [34]. Obecnie rozwiązaniem jest już zazwyczaj standardowym wyposażeniem nowo produkowanych samochodów. W 2011 r. światowa sprzedaż systemu start-stop wyniosła ok. 7 mln sztuk, z czego aż 98% rynku zbytu stanowiły kraje Europy Zachodniej [23, 41] (rys. 1). W kolejnych latach różnice w liczbie sprzedanych samochodów z systemem start-stop pomiędzy Europą a innymi częściami świata wyraźnie wzrastały, co świadczy o popularyzacji rozwiązania również w innych rejonach.

System start-stop jest elektronicznym układem, który automatycznie wyłącza silnik w momencie zatrzymania pojazdu oraz załącza go w chwili, gdy użytkownik zdecyduje się na kontynuację



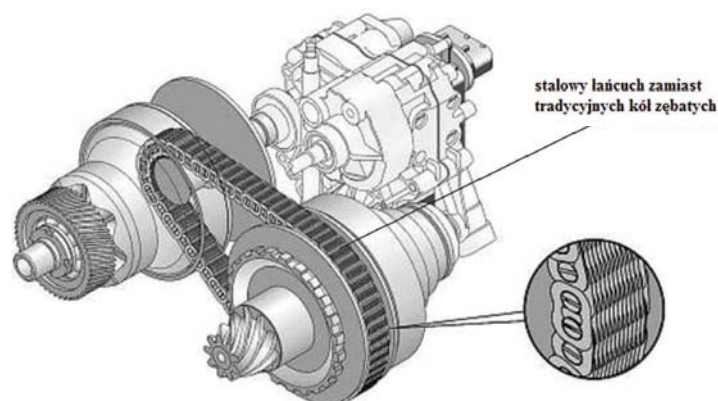
Rys. 1. Liczba pojazdów wyposażonych w system start-stop, sprzedanych w latach 2011–2015 z perspektywą do roku 2020

Źródło: oprac. własne na podst. [23].

jazdy. Funkcja jest aktywowana poprzez naciśnięcie przycisku zlokalizowanego na desce rozdzielczej. Możliwość uruchomienia systemu start-stop warunkuje odpowiedni poziom naładowania akumulatora oraz temperatura płynu chłodzącego (w granicach 40–100°C) [4].

System start-stop jest stosowany zarówno w samochodach z mechaniczną, jak i automatyczną skrzynią biegów, przy czym zasada działania wykazuje pewne różnice. W pojazdach z mechaniczną skrzynią biegów silnik jest automatycznie wyłączany po zatrzymaniu pojazdu na czas dłuższy niż 2–3 s [16]. Dźwignia zmiany biegów jest wówczas w neutralnym położeniu. Z kolei po naciśnięciu pedału sprzęgła silnik uruchamia się samoczynnie [4]. W przypadku pojazdów z automatyczną skrzynią biegów silnik wyłączany jest po całkowitym zatrzymaniu pojazdu, z kolei jego ponowne uruchomienie następuje po wciśnięciu pedału przyspieszenia [33, 34]. Z punktu widzenia ekonomii i ekologii system start-stop jest korzystnym rozwiązaniem, umożliwiającym ograniczenie zużycia paliwa oraz zmniejszającym emisję spalin. Zastosowanie ww. rozwiązania redukuje konsumpcję paliwa podczas pracy na tzw. jałowym biegu oraz w czasie postoju na światłach, co generuje ok. 10% całkowitej ilości benzyny lub oleju napędowego zużywanego przez pojazd [24]. Badania przeprowadzone przez Ibarra i wsp. [35] wykazały, że w miejskim cyklu złożonym z jazdy na odcinku 7 km, w połączeniu z 12 15-sekundowymi postojami, włączenie systemu start-stop determinuje zmniejszenie zużycia paliwa o ok. 7%. Z kolei wstępna analiza ekonomiczna wykonana dla modelu Peugeot 308 wykazała, że zainstalowanie systemu start-stop pozwala zaoszczędzić na zakupie paliwa rocznie blisko 1 000 zł (tab. 1). Samochód z silnikiem wysokoprężnym, dzięki zastosowaniu systemu start-stop, emituje również o ok. 20% mniej CO₂ w porównaniu z pojazdem nieposiadającym ww. funkcji.

Inną „ekologiczną” innowacją stosowaną w sektorze motoryzacyjnym są bezstopniowe skrzynie CVT (*Continuously Variable Transmission*). Zamiast klasycznych kół zębatach, skrzynia CVT posiada specjalnie skonstruowany stalowy pas lub łańcuch przemieszczający się pomiędzy 2 parami kół stożkowych, zamocowa-



Rys. 2. Budowa bezstopniowej skrzyni CVT [10]

nych na wałkach wejściowych i wyjściowych [21] (rys. 2). Podczas pracy skrzyni każda para wałków wykonuje ruchy determinujące ich wzajemne zbliżanie się lub oddalanie [38]. Naprzemienna praca kół umożliwia zmianę przełożenia w sposób „płynny”, bez zbędnych szarpnięć [9]. Niewątpliwą zaletą bezstopniowych skrzyni CVT jest obecność jednego „długiego” biegu lub nieskończonej ich liczby, co warunkuje optymalne wykorzystanie momentu obrotowego i obniżenie zużycia paliwa (rys. 4). Podczas jazdy ze stałą prędkością silnik utrzymywany jest na możliwie niskich obrotach, dzięki czemu zużycie paliwa może zostać zredukowane o nawet 10% [32]. Przekłada się to tym samym na zmniejszenie emisji CO₂ oraz NO_x. Wstępna analiza ekonomiczna wykonana dla modelu Toyota Avensis 2.0 z silnikiem benzynowym o pojemności 1968 cm³ wykazała, że statystyczny Polak, pokonujący rocznie 15 000 km, może obniżyć koszty zakupu paliwa o ok. 5% (tab. 2). Nie są to więc znaczące oszczędności, zważywszy na fakt, że skrzynia CVT jest nawet o 7 tys. droższa od klasycznych modeli. Jednak w skali globalnej nawet niewielkie zmniejszenie zużycia paliwa może mieć kolosalny wpływ na poprawę jakości środowiska.

Tab. 1. Analiza ekonomiczna zastosowania systemu start-stop na przykładzie modelu Peugeot 308

Lp.	Parametry	Model wyposażony	
		w tradycyjną skrzynię manualną bez systemu start-stop	w skrzynię typu multimode z systemem start-stop
1.	Spalanie na 100 km [l/100 km]	5,8	4,5
2.	Koszt zużycia paliwa na odcinku 100 km [zł]*	29,64	23,00
3.	Oszczędność na 100 km [zł]	–	6,94
4.	Liczba przebytych km w ciągu roku przez statystycznego Polaka [km]	15 000	15 000
5.	Ilość zużytego paliwa w ciągu roku [l]	870	675
6.	Koszt zakupu paliwa w ciągu roku [zł]	4 445,70	3 449,25
7.	Roczna oszczędność [zł]	–	996,45
8.	Roczna oszczędność [%]	–	22,4

* w analizie ekonomicznej przyjęto koszt benzyny równy 5,11 zł (średnia cena z dnia 20.10.2018 r. na terenie województwa podkarpackiego).

Źródło: oprac. własne na podst. [22].

Tab. 2. Analiza ekonomiczna zastosowania bezstopniowej skrzyni CVT na przykładzie modelu Toyota Avensis 2.0 z silnikiem benzynowym

Lp.	Parametry	Model wyposażony	
		w tradycyjną skrzynię manualną	w skrzynię bezstopniową CVT
1.	Średnie spalanie na 100 km [l/100 km]	9,0	8,5
2.	Koszt zużycia paliwa na odcinku 100 km [zł]*	45,99	43,44
3.	Oszczędność na 100 km [zł]	–	2,55
4.	Liczba przebytych km w ciągu roku przez statystycznego Polaka [km]	15 000	15 000
5.	Ilość zużytego paliwa w ciągu roku [l]	1 350	1 275
6.	Koszt zakupu paliwa w ciągu roku [zł]	6 898,50	6 515,25
7.	Roczna oszczędność [zł]	–	383,25
8.	Roczna oszczędność [%]	–	5,55

* w analizie ekonomicznej przyjęto koszt benzyny równy 5,11 zł (średnia cena z dnia 20.10.2018 r. na terenie województwa podkarpackiego).

Źródło: oprac. własne na podst. danych otrzymanych od użytkowników.

Tab. 3. Analiza ekonomiczna zastosowania bezpośredniego wtrysku paliwa na przykładzie modelu VW Golf V 1.6 FSI z silnikiem benzynowym

Lp.	Parametry	Model wyposażony w system	
		pośredniego wtrysku paliwa	bezpośredniego wtrysku paliwa
1.	Średnie spalanie na 100 km [l/100 km]	7,2	5,8
2.	Koszt zużycia paliwa na odcinku 100 km [zł]*	36,79	29,64
3.	Oszczędność na 100 km [zł]	-	7,15
4.	Liczba przebytych km w ciągu roku przez statystycznego Polaka [km]	15 000	15 000
5.	Ilość zużytego paliwa w ciągu roku [l]	1 080	870
6.	Koszt zakupu paliwa w ciągu roku [zł]	5 518,80	4 445,70
7.	Roczna oszczędność [zł]	-	1 073,80
8.	Roczna oszczędność [%]	-	19,45

* w analizie ekonomicznej przyjęto koszt benzyny równy 5,11 zł (średnia cena z dnia 20.10.2018 r. na terenie województwa podkarpackiego).

Źródło: oprac. własne na podst. danych otrzymanych od użytkowników.

Dodatковым atutem bezstopniowych skrzyń CVT jest ich mniejsza masa względem konwencjonalnych rozwiązań, dzięki czemu mogą być z powodzeniem stosowane w niewielkich miejskich samochodach [9]. Pomimo niewątpliwych ekologicznych i ekonomicznych korzyści, udział pojazdów wyposażonych w skrzynie CVT jest stosunkowo niewielki i w 2013 r. nie przekracza 10% [19].

Zmniejszenie zużycia paliwa oraz ograniczenie emisji spalin można osiągnąć poprzez zastosowanie w pojazdach z silnikiem zarówno wysokoprężnym, jak i iskrowym, bezpośredniego wtrysku paliwa. Idea ww. rozwiązania bazuje na wytworzeniu mieszanki paliwowo-powietrznej w komorze spalania i została po raz pierwszy zastosowana w 1955 r. w Mercedesie serii 300SL [17]. Dawka paliwa podawana jest bezpośrednio do cylindra za pomocą wtryskiwacza umieszczonego w komorze spalania [8]. Całość procesu odbywa się pod bardzo wysokim ciśnieniem, rzędu 50–120 bar, generowanym przez specjalnie skonstruowaną pompę [31]. Zastosowanie w samochodach bezpośredniego wtrysku paliwa determinuje możliwość spalania mieszanek paliwowo-powietrznych o nawet bardzo ubogim składzie przy niskim obciążeniu silnika. Przekłada się to na zmniejszenie zużycia paliwa o nawet 20% [27] (tab. 3). W silnikach wysokoprężnych wyposażonych w system bezpośredniego wtrysku paliwa, w połączeniu z turbodoładowaniem oraz *downsizingiem*, ww. rozwiązanie warunkuje ograniczenie konsumpcji oleju napędowego o nawet 30% [3]. Inną korzyścią ekologiczną montowania systemu bezpośredniego wtrysku paliwa w pojazdach jest zmniejszenie emisji CO₂, NO_x oraz węglowodorów. Badania Siedleckiego i wsp. [43] wykazały, że w rzeczywistych warunkach emisja węglowodorów i tlenku węgla z pojazdu wyposażonego w system bezpośredniego wtrysku paliwa była niższa niż wymagana w normie Euro 6c.

Jednym z prostszych pod względem konstrukcyjnym rozwiązań, które w znaczący sposób wpływa na poprawę petrooszczędności samochodów, jest system aktywnego odłączania cylindrów MDS. Pierwsze próby wdrożenia rozwiązania na szerszą skalę w silnikach V8 zastosowały już w latach 80. XX w. koncerny: Daimler, Chrysler i Chevrolet [20]. Istota działania systemu

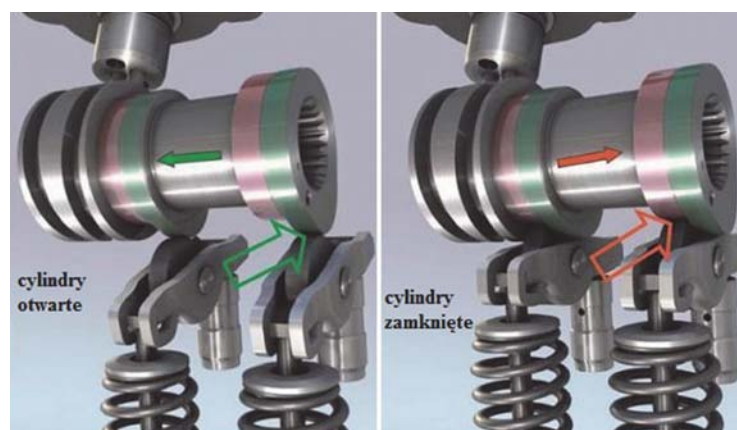
Tab. 4. Analiza ekonomiczna zastosowania systemu aktywnego odłączania cylindrów na przykładzie Audi RS 6 Avant z silnikiem benzynowym 1.4 TFSI

Lp.	Parametry	Model niewyposażony	Model wyposażony
		w system aktywnego odłączania cylindrów	w system aktywnego odłączania cylindrów
1.	Średnie spalanie na 100 km [l/100 km]	5,2	4,7
2.	Koszt zużycia paliwa na odcinku 100 km [zł]*	26,57	23,00
3.	Oszczędność na 100 km [zł]	-	3,57
4.	Liczba przebytych km w ciągu roku przez statystycznego Polaka [km]	15 000	15 000
5.	Ilość zużytego paliwa w ciągu roku [l]	780	705
6.	Koszt zakupu paliwa w ciągu roku [zł]	3 985,80	3 602,55
7.	Roczna oszczędność [zł]	-	383,25
8.	Roczna oszczędność [%]	-	9,6

* w analizie ekonomicznej przyjęto koszt benzyny równy 5,11 zł (średnia cena z dnia 20.10.2018 r. na terenie województwa podkarpackiego).

Źródło: oprac. własne na podst. danych otrzymanych od użytkowników.

MDS opiera się na ingerencji w układ rozrządu pojazdu (rys. 3). Wszystkie cylindry pracują jedynie podczas znacznego obciążenia silnika. Z kolei podczas ruchu pojazdu ze stałą prędkością w warunkach niewielkiego obciążenia silnika i niskiego zapotrzebowania na moc system ingeruje w zmianę położenia krzywki na wałkach rozrządu. Warunkuje to zatrzymanie połowy zaworów w pozycji zamkniętej, co skutkuje brakiem dopływu paliwa do komory spalania i pracą części cylindrów bez zużywania paliwa [29]. Cały zabieg wyłączenia cylindrów trwa niezwykle krótko i nie jest odczuwalny przez użytkownika pojazdu. Badania przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych wykazały, że sprawnie działający system aktywnego odłączania cylindrów zmniejsza zużycie paliwa o ponad 20% [26]. Korzyści ekonomiczne odczuwalne są zwłaszcza przy średnim spalaniu na poziomie kilkunastu litrów paliwa na 100 km. Z kolei wstępna analiza ekonomiczna wykonana dla modelu Audi RS 6 Avant, wyposażonego w system MDS, pozwala na roczne obniżenie kosztów zakupu paliwa na poziomie 10% (tab. 4). Obecnie prowadzone są prace nad zastosowaniem koncepcji MDS również w pojazdach hybrydowych lub elektrycznych. Wpływ systemu MDS na pracę samochodów elektrycznych i hybrydowych opisano w pracy [6].



Rys. 3. Zasada działania systemu MDS [30]



Rys. 4. Zasada działania systemu ACC

Połączenie tradycyjnego tempomatu z układem radarów dalekiego i średniego zasięgu pozwoliło konstruktorom na opracowanie systemu aktywnego tempomatu ACC (*Adaptive Cruise Control*). Po raz pierwszy rozwiązanie zastosowano w 2005 r. w Mercedesie S-W221, chociaż wstępne prace badawcze rozpoczęto już w latach 90. XX w. [25]. Najważniejszym elementem systemu ACC jest radar dalekiego lub średniego zasięgu, odporny na działanie czynników zakłócających, przede wszystkim spowodowanych zmiennymi warunkami atmosferycznymi. Radar – poprzez wytwarzanie wiązki elektromagnetycznej i jej odbicie od materiałów przewodzących prąd – pozwala na pomiar odległości między rozważanym pojazdem a innym użytkownikiem drogi [7].

System ACC, dzięki ingerencji w pracę silnika oraz skrzyni biegów, warunkuje możliwość przyspieszenia lub zwolnienia podczas jazdy, przy jednoczesnym uwzględnieniu położenia innych użytkowników drogi oraz prędkości pozostałych obiektów w ruchu [7] (rys. 4). W zależności od lokalizacji innych pojazdów na drodze, system ACC spełnia kilka funkcji. W przypadku braku samochodu poprzedzającego układ spełnia rolę klasycznego tempomatu. W momencie wykrycia przez radar innego użytkownika drogi poruszającego się z mniejszą prędkością system ACC wysyła sygnał do sterownika silnika celem obniżenia jego momentu obrotowego. Jeśli pojazd wyposażony w system ACC nadal zbliża się do innego samochodu, aktywowany jest hamulec celem wyrównania prędkości obu użytkowników drogi. Hamowanie odbywa się na zasadzie zwiększenia ciśnienia w układzie hamulcowym [5].

Głównym celem montowania systemu ACC w pojazdach była poprawa bezpieczeństwa użytkowników drogi. Rozwiązanie, dzięki możliwości utrzymania stałej odległości pojazdu od poprzedzającego samochodu, a także odciążenia kierowcy od konieczności wciskania pedału hamulca lub gazu, w znaczący sposób poprawia komfort oraz bezpieczeństwo jazdy. Zastosowanie systemu ACC w warunkach miejskich pozwala ograniczyć liczbę kolizji [7], co również w sposób pośredni przyczynia się do poprawy stanu środowiska na skutek zmniejszenia ilości generowanych odpadów.

Poza poprawą komfortu jazdy oraz zmniejszeniem liczby kolizji drogowych, obecność systemu ACC w pojazdach determinuje ograniczenie zużycia paliwa o kilka lub kilkanaście procent. Według Benmimoun i wsp. [1] zastosowanie ww. układu w samochodach osobowych i dostawczych firmy Ford, Audi i Man zredukowało zużycie paliwa o ok. 5%. Pozytywny wpływ obecności systemu

ACC na spalanie odnotowali również w swoich pracach Yu i Shi [45] oraz Li i wsp. [37]. Rezultaty badań wykazały oszczędność w zużyciu paliwa o ok. 2–7%. Rzutowało to również na zmniejszenie emisji spalin przez pojazdy. Analiza ekonomiczna przedstawiona w prezentowanym artykule dla modelu VW Passat B7 z silnikiem diesla wykazała możliwość obniżenia kosztów zakupu paliwa o ponad 17% (tab. 5). Pomimo niewątpliwych korzyści ekologicznych i ekonomicznych, system ACC jest nadal rozwiązaniem niszowym i montowanym jedynie w pojazdach tzw. wyższego segmentu. Głównym powodem może być jego wysoka cena, dochodząca do 15 tys. zł.

Tryb żeglowania, stosowany obecnie w droższych modelach samochodów, jest kolejną innowacją motoryzacyjną, pozwalającą zmniejszyć zużycie paliwa o kilka czy kilkanaście procent. Zastosowanie ww. funkcji eliminuje hamowanie silnikiem w zbędnych sytuacjach, np. podczas jazdy autostradą. Po zwolnieniu pedału gazu elektroniczny system rozłącza silnik ze skrzynią biegów. Wówczas samochód zwalnia jedynie w wyniku działania siły tarcia i oporów powietrza [28]. Ponowne wciśnięcie pedału gazu łączy napęd i przywraca użytkownikowi pełną kontrolę

Tab. 5. Analiza ekonomiczna zastosowania systemu ACC na przykładzie modelu VW Passat B7 z silnikiem diesla 1.6 TDI

Lp.	Parametry	Model bez systemu ACC	Model wyposażony w system ACC
1.	Średnie spalanie na 100 km [l/100 km]	5,8	4,8
2.	Koszt zużycia paliwa na odcinku 100 km [zł]*	29,87	24,72
3.	Oszczędność na 100 km [zł]	–	5,15
4.	Liczba przebytych km w ciągu roku przez statystycznego Polaka [km]	15 000	15 000
5.	Ilość zużytego paliwa w ciągu roku [l]	870	720
6.	Koszt zakupu paliwa w ciągu roku [zł]	4 480,50	3 708,0
7.	Roczna oszczędność [zł]	–	772,50
8.	Roczna oszczędność [%]	–	17,2

* w analizie ekonomicznej przyjęto koszt benzyny równy 5,11 zł (średnia cena z dnia 20.10.2018 r. na terenie województwa podkarpackiego).

Źródło: oprac. własne na podst. danych otrzymanych od użytkowników.

Tab. 6. Analiza ekonomiczna zastosowania trybu żeglowania na przykładzie modelu Audi Q3 z silnikiem benzynowym 1.4 TFSI

Lp.	Parametry	Model niewyposażony w tryb żeglowania	Model wyposażony w tryb żeglowania
1.	Średnie spalanie na 100 km [l/100 km]	10,0	8,5
2.	Koszt zużycia paliwa na odcinku 100 km [zł]*	51,10	43,44
3.	Oszczędność na 100 km [zł]	-	7,66
4.	Liczba przebytych km w ciągu roku przez statystycznego Polaka [km]	15 000	15 000
5.	Ilość zużytego paliwa w ciągu roku [l]	1 500	1 275
6.	Koszt zakupu paliwa w ciągu roku [zł]	7 655,00	6 515,25
7.	Roczna oszczędność [zł]	-	1 139,75
8.	Roczna oszczędność [%]	-	14,88

* w analizie ekonomicznej przyjęto koszt benzyny równy 5,11 zł (średnia cena z dnia 20.10.2018 r. na terenie województwa podkarpackiego).

Źródło: oprac. własne na podst. danych otrzymanych od użytkowników.

nad pojazdem. Cały zabieg włączania i wyłączenia napędu jest niewyczuwalny dla kierowcy. Działanie trybu żeglowania jest jednak ograniczone do jazdy w cyklu pozamiejskim z uwagi na możliwość jego aktywowania dopiero przy wyższych prędkościach (zwykle powyżej 80 km/h) [15].

Z punktu widzenia ochrony środowiska montaż trybu żeglowania w pojazdach jest rozwiązaniem korzystnym z uwagi na możliwość ograniczenia zużycia paliwa. Wykazano, że w połączeniu z działaniem systemu start-stop możliwe jest zmniejszenie spalania paliwa o 10–15% [11]. Potwierdza to również wstępna analiza ekonomiczna wykonana na przykładzie modelu samochodu Audi Q3 (tab. 6). Tryb żeglowania przyczynia się również do kilkunastoprocentowej redukcji emisji spalin. Dodatkowymi zaletami systemu jest obniżenie poziomu hałasu o kilka procent, co również przekłada się na poprawę stanu środowiska [13, 14].

Niewątpliwie przyszłościową „eco-innowacją” w sektorze motoryzacyjnym jest system inteligentnej nawigacji. Poprzez zdolność sterowania pracą silnika system (w połączeniu z analizą przebiegu trasy) wpływa na ograniczenie zużycia paliwa. Uwzględniając zmienne warunki trasy przejazdu, np. obecność odcinków biegnących w dół, inteligentna nawigacja aktywuje inne funkcje dostępne w pojeździe, np. tryb żeglowania [12]. Dostosowanie pracy silnika do profilu trasy warunkuje możliwość zmniejszenia spalania samochodu o 15–25% [14]. Jednak na chwilę obecną funkcja jest dostępna jedynie w samochodach wyższego segmentu.

Poprawę petrooszczędności pojazdów można osiągnąć poprzez zastosowanie systemu hamowania regeneracyjnego (odzyskowego). Zasada działania polega na odzysku energii hamo-

wania i przekształceniu jej na energię elektryczną gromadzoną w akumulatorze [36] (rys. 5). W ten sposób silnik ulega odciążeniu poprzez alternator, determinując spadek zużycia paliwa. Według Siadkowskiej i Skiby [42] zastosowanie systemu hamowania regeneracyjnego pozwala zmniejszyć spalanie nawet o 25%. Z kolei prawidłowo skonfigurowany układ umożliwia odzyskanie około 75% energii traconej podczas hamowania [18]. Warunkiem możliwości przyjęcia energii elektrycznej przez akumulator jest utrzymanie go w stanie „niepełnego” naładowania, zwykle na poziomie 70% [42].

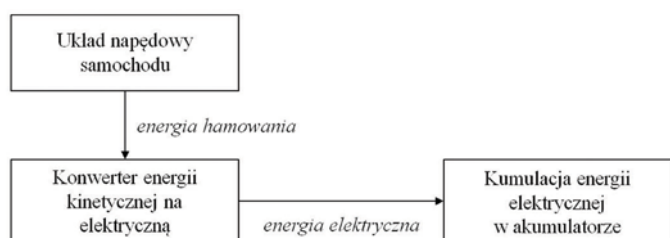
Podsumowanie

Obecnie jednym z głównych trendów w dziedzinie motoryzacji jest wdrażanie działań proekologicznych na wszystkich etapach produkcji, począwszy od projektowania pojazdów aż po ich użycie. Ochrona środowiska wymusza na producentach motoryzacyjnych stosowanie rozwiązań, dzięki którym produkowane pojazdy byłyby mniej uciążliwe dla otoczenia. Efektami podjętych działań proekologicznych w sektorze motoryzacyjnym są zarówno zmiany konstrukcyjne, jak i stosowanie nowych systemów ingerujących w pracę silników. Przykładem mogą być montowane również w samochodach tzw. średniego segmentu dodatkowe funkcje, m.in. system start-stop, system ACC czy tryb żeglowania. Ich wpływ na zmniejszenie zużycia paliwa oraz ograniczenie emisji spalin zarówno w sposób bezpośredni, jak i pośredni, oddziałuje na stan środowiska naturalnego.

Warto zaznaczyć, że większość czołowych koncernów motoryzacyjnych pracuje nad dalszą poprawą petrooszczędności pojazdów oraz zmniejszeniem ich emisyjności. Wszystko wskazuje zatem na to, że ekologia ustanawia przyszłość sektora motoryzacyjnego.

Bibliografia:

1. Benmimoun M., Pütz A., Zlocki A., Eckstein L., *Impact Assessment of Adaptive Cruise Control and Forward Collision Warning*, „ATZ worldwide” 2013, Vol. 115, Iss. 4.
2. Bojanowska M., *Zanieczyszczenia motoryzacyjne w środowisku*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2011, nr 10.
3. Borowski P., *Identyfikacja systemu tworzenia i spalania mieszanki w układzie dwóch wtryskiwaczy z bezpośrednim wtryskiem benzyny*, Praca doktorska, Poznań 2016.
4. Cieślik W., Pielecha I., *Skutki wykorzystania systemu start-stop w warunkach jazdy miejskiej*, „Logistyka” 2011, nr 3.
5. Drabik M., *Układ bezpieczeństwa współczesnego samochodu*, „Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Seria: Edukacja Techniczna i Informatyczna” 2011, z. 6.
6. Erjavec J., Thomson R., *Automotive Technology: A Systems Approach*, Cengage Learning, Delmar 2015.
7. Filipiak M., Jajczyk J., *Diagnostyka radarowego systemu ACC*, „Poznań University of Technology Journals: Electrical Engineering” 2016, No. 88.
8. Fundowicz P., Radziński M., Wieczorek M., *Konstrukcja pojazdów samochodowych*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 2010.
9. Goszczak J., Radziński B., *Przeładnie o bezstopniowej zmianie przełożenia – CVT*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2018, nr 6.
10. <http://automotivedigest.com/2013/06/breakthrough-durable-stop-start-system-may-be-available-soon/> (dostęp: 20.10.2018).



Rys. 5. Zasada działania systemu hamowania odzyskowego

11. <http://bosch-prasa.pl/informacja.php?idinformacji=1685> (dostęp: 20.10.2018).
12. <http://moto.e-blogger.pl/systemy-zmniejszajace-spalanie-paliwa/> (dostęp: 20.10.2018).
13. http://motogazeta.mojeauto.pl/Technika/Zeglowanie_na_kolach,a,196465.html (dostęp: 20.10.2018).
14. http://porady.autotrader.pl/Porady_autotrader/56,133253,15599803,inteligentna-nawigacja,,7.html (dostęp: 20.10.2018).
15. <http://premiummoto.pl/technologie-jazda-na-luzie-bardziej-premium/> (dostęp: 20.10.2018).
16. <http://www.auto-swiat.pl/jak-dziala-system-start-stop/8n5y4d> (dostęp: 20.10.2018).
17. <http://www.f5r.pl/home/historia> (dostęp: 20.10.2018).
18. http://www.flota.com.pl/we_flocie/3365/ekologiczne-rozwiazania-czyli-jak-producenci-zmniejszaja-zuzycie-paliwa.html (dostęp: 20.10.2018).
19. http://www.schaeffler.de/content.schaeffler.de/de/branches/auto_motive_division/transmission (dostęp: 20.10.2018).
20. <https://autokult.pl/27242,odlaczenie-cylindrow-w-silnikach-po-co-sie-stosuje-i-jak-to-dziala,all> (dostęp: 20.10.2018).
21. <https://autokult.pl/4819,skrzynia-bezstopniowa-cvt-budowa-zasada-dzialania-zastosowanie> (dostęp: 20.10.2018).
22. <https://docplayer.net/20993518-Peugeot-e-hdi-stop-start-technology-media-kit.html> (dostęp: 20.10.2018).
23. <https://magazynauto.interia.pl/porady/technika/news-odzysk-energii,nld,770710> (dostęp: 20.10.2018).
24. <https://moto.money.pl/wiadomosci/publikacje/arttykul/ile-paliwa;oszczedzaja;systemy;typu;start-stop,148,0,568724.html> (dostęp: 20.10.2018).
25. <https://moto.onet.pl/aktualnosci/jak-dziala-aktywny-tempomat/42zy24g> (dostęp: 20.10.2018).
26. https://motoryzacja.wnp.pl/technika-odlaczenia-cylindrow-w-kolejnych-silnikach-audi,211196_1_0_0.html (dostęp: 20.10.2018).
27. <https://polskatimes.pl/nowoczesne-silniki-nie-takie-straszne-jak-je-maluja/ar/9845322> (dostęp: 20.10.2018).
28. <https://porsche.pl/modele/911/911-carrera/szczegoly/naped/zeglowanie> (dostęp: 20.10.2018).
29. <https://technologie.onet.pl/nauka-i-technika/mniejsze-zuzycie-paliwa-dzieki-technologie-wylaczania-cylindrow/y5m8vv9> (dostęp: 20.10.2018).
30. https://www.audi-technology-portal.de/en/drivetrain/transmission-technologies/multitronic_en (dostęp: 20.10.2018).
31. <https://www.autocentrum.pl/motosloownik/bezposredni-wtrysk-paliwa/> (dostęp: 20.10.2018).
32. <https://www.motocaina.pl/arttykul/top-8-rozwiazan-dzieki-ktorym-auto-zuzywa-mniej-paliwa-6595.html> (dostęp: 20.10.2018).
33. <https://www.motofakty.pl/arttykul/system-odlaczenia-cylindrow-wchodzi-do-oferty-vw.html> (dostęp: 20.10.2018).
34. <https://www.motofakty.pl/arttykul/systemy-start-stop-wylaczac-czy-nie.html> (dostęp: 20.10.2018).
35. Ibbara D., Ramirez-Mendoza R. A., López E., Bustamante R., *Influence of the automotive Start/Stop system on the noise emission: Experimental study*, „Applied Acoustics” 2015, Vol. 100.
36. Król E., *Hamowanie odzyskowe jako efektywny sposób zwiększenia zasięgu pojazdu hybrydowego*, „Napędy i Sterowanie” 2014, T. XVI, nr 11.
37. Li X., Yang T., Liu J., Qin X., Yu S., *Effects of vehicle gap changes on fuel economy and emission performance of the traffic flow in the ACC strategy*, <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0200110> (dostęp: 20.10.2018).
38. Malekipour E., Golabi S., *Examining the Effects of Continuously Variable Transmission (CVT) and a new mechanism of planetary gearbox of CVT on Improvement of Car Acceleration and Fuel Consumption*, „International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management” 2014, Vol. 3, No. 9.
39. Merksiz J., Kozak M., *Benzene emission from car engines working in urban areas*, „Journal of KONES International Combustion Engines” 2002, No. 3–4.
40. Merksiz J., Pielecha J., Nowak M., *Emisja zanieczyszczeń z pojazdów w rzeczywistych warunkach ruchu na przykładzie aglomeracji poznańskiej*, „Postępy Nauki i Techniki” 2012, nr 15.
41. Setlak R., Fice M., *Wpływ układu Start&Stop w napędzie Mild Hybrid na zmniejszenie zużycia paliwa w testach NEDC*, „Maszyny Elektryczne: Zeszyty Problemowe” 2011, T. XC, nr 2.
42. Siadkowska K., Skiba K., *Pneumatyczno-hydrauliczny układ odzyskiwania energii hamowania w pojazdach ciężarowych*, „Logistyka” 2014, nr 6.
43. Siedlecki M., Galant M., Rymaniak Ł., Ziółkowski A., *Badania emisji zanieczyszczeń pojazdu wyposażonego w silnik z bezpośrednim wtryskiem benzyny w rzeczywistych warunkach eksploatacji*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2017, nr 12.
44. Wójcik M., *Ekologiczno-ekonomiczne rozwiązania techniczne w sektorze motoryzacyjnym. Część I: Rozwiązania konstrukcyjne*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2018, nr 11.
45. Yu S., Shi Z., *An improved car-following model considering headway changes with memory*, „Physica A: Statistical Mechanics and its Applications” 2015, Vol. 421.

Ecological and Economical Innovations in the Automotive Sector. Part II: Systems Integrated in the Engine Work

Nowadays, the fast growing of the automotive sector is one of the main social and environmental risks in the world. „Green” solutions in an automotive sector are included in designing, production, exploitation and the final utilization of vehicles. The reduction of harmful impact of vehicles on the environment might be achieved by the use of ecological construction materials or by the assembly of systems which influence the fuel consumption. Construction innovations, especially the application of biodegradable and recycled materials in an automotive sector, were showed in the first part of article. This paper presents the technologies which influence the operation of the engine. The aforementioned solutions in conjunction with the eco-driving can limit the harmful impact of the automotive sector on the environment. The initial economic analysis associated with the application of ecological innovations in vehicles and their impact on the annual cost of the acquisition of fuel was also presented.

Keywords: automotive sector, ecology, start-stop system, ACC system, CVT system, energy recovery system.

Autorka:
dr inż. **Marta Wójcik** – Katedra Przeróbki Plastycznej, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza