

Analiza wybranych aspektów energetyczno-ekologicznych fazy eksploatacji pojazdu osobowego

Małgorzata Mrozik, Piotr Smurawski

Streszczenie

Na wielkość nakładów energetycznych oraz poziom emisji występujących w fazie użytkowania pojazdu osobowego, niezwykle znaczący wpływ ma sposób eksploatacji pojazdów samochodowych oraz rodzaj systemu napędowego i związany z tym łańcuch sprawności cząstkowych przetwarzania energii chemicznej paliwa lub innego nośnika energii w jednostce napędowej. Ważnym elementem występującym w fazie eksploatacji pojazdu samochodowego są ponoszone nakłady materiałowe i energetyczne. Biorąc pod uwagę zakładaną przez producenta żywotność pojazdu, niezbędne wymiany podzespołów i części mogą stanowić znaczącą pozycję w bilansie masy i energii a także mieć znaczący wpływ na poziom emisyjności dla fazy eksploatacji. W artykule przedstawiono wybrane aspekty energetyczno-ekologicznego modelowania fazy eksploatacji pojazdu osobowego.

Słowa kluczowe: pojazd osobowy, nakłady energetyczne, obciążenia środowiskowe.

Wstęp

Motoryzacja stanowi jeden z bardzo ważnych elementów życia gospodarczego i społecznego. Jej rozwojowi towarzyszy przede wszystkim wzrastające wykorzystanie środków transportu, a w szczególności pojazdów samochodowych. Ten znaczący przyrost liczby wytwarzanych pojazdów osobowych może być realizowany wyłącznie poprzez zwiększające się z roku na rok globalne zużycie surowców produkcyjnych, a także nośników energii. Z eksploatacją coraz to większej liczby pojazdów związane jest również narastające w coraz to szybszym tempie zanieczyszczenie środowiska naturalnego, nie tylko poprzez emisję substancji szkodliwych, będących wynikiem spalania paliw, ale także poprzez zwiększającą się ilość części i podzespołów pojazdu podlegających wymianie.

1. Proces eksploatacji pojazdu

Eksploatacja pojazdów samochodowych to zespół celowych działań organizacyjno-technicznych i ekonomicznych ludzi z pojazdem oraz relacji występujących między nimi, od chwili przejęcia pojazdu do wykorzystania zgodnie z jego przeznaczeniem, aż do jego likwidacji [1, 2]. Okres eksploatacji pojazdu to przede wszystkim jego użytkowanie i obsługiwanie. Wszelkie czynności obsługowe w czasie eksploatacji pojazdu powinny być wykonywane regularnie w cyklach uzależnionych od przebiegu pojazdu, jego czasu eksploatacji, pór roku oraz zaistnienia szczególnych warunków eksploatacyjnych. Problem użytkowania pojazdu i jego wpływ na środowisko staje się z roku na rok coraz poważniejszy z uwagi na ciągle rosnące zapotrzebowanie transportowe i mobilność samych obiektów. Do zagrożeń związanych z codzienną eksploatacją i obsługą pojazdów należą [3]:

- zanieczyszczenie atmosfery produktami zużycia ogumienia i nawierzchni drogi, okładzin ciernych, sprzęgieł i hamulców,
- hałas,

- zanieczyszczenie gleby i wód środkami stosowanymi do mycia i konserwacji karoserii samochodowych,
- wyciekami paliw, olejów i elektrolitów,
- oraz zanieczyszczenie środowiska częściami często wymienianymi.

W oparciu o wyniki uzyskane w ramach realizowanych prac naukowo-badawczych, w artykule przedstawiono wybrane aspekty dotyczące energetyczno-ekologicznego modelowania cyklu życia pojazdów samochodowych na przykładzie fazy eksploatacji dla wybranego przykładu samochodu osobowego.

2. Opis modelu analitycznego

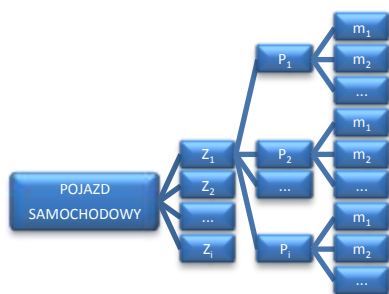
Przedstawiona w artykule analiza wybranych aspektów energetyczno-ekologicznych oparta jest na modelu cyklu życia pojazdu osobowego, który został oparty o analizę LCA zgodnie z wymaganiami norm ISO 14040 i ISO 14044.

Podstawowym założeniem modelu jest przedstawione na rysunku 1 modelowanie analityczne fazy produkcji pojazdu osobowego, które obejmuje w pierwszym etapie jego podział na zespoły (Z), które dzieli się w następnej kolejności na podzespoły (P) składające się z poszczególnych materiałów (m). Określenie struktury materiałowej pojazdu samochodowego stanowi podstawę do określania wielkości nakładów energetycznych i ekologicznych dla poszczególnych rodzajów materiałów.

Po przeprowadzeniu dekompozycji materiałowej pojazdu samochodowego możliwe jest stworzenie równań bilansu masy zgodnie z podanym poniżej zapisem matematycznym. Masę samochodu można obliczyć, jako sumę mas wszystkich wykorzystanych do budowy pojazdu materiałów:

$$m = m_1 + m_2 + \dots + m_n \quad (1)$$

$$m = \sum_{n=1}^i m_n \quad (2)$$



Rys. 1. Analityczny model dekompozycji pojazdu osobowego

Natomiast wielkość poszczególnych nakładów materiałowych obliczyć można przy wykorzystaniu podanych poniżej ogólnych zależności, odzwierciedlających sumowanie ilości danego rodzaju materiału w poszczególnych zespołach i podzespołach pojazdu:

$$Nm_n = \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^k m_n \quad (3)$$

Nakłady materiałowe poszczególnego podzespołu pojazdu, uwzględniające jego różnorodność materiałową dla fazy eksploatacji, można otrzymać stosując następujące równanie:

$$NM_{FE_{z/pn}} = Nm_n \cdot \alpha_n \quad (4)$$

będące iloczynem nakładów materiałowych potrzebnych do jednostkowej produkcji danego elementu i ilości jego niezbędnych wymian (współczynnik α_n) w fazie eksploatacji. Natomiast nakłady energetyczne dla poszczególnego elementu podlegającego wymianie w fazie eksploatacji, uwzględniające jego różnorodność materiałową, wyznaczyć można z następującej zależności:

$$NE_{FE} = \alpha_n \cdot \begin{bmatrix} Nm_1 \cdot ne_1 \\ Nm_2 \cdot ne_2 \\ \dots \\ Nm_n \cdot ne_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

Podstawiając do powyższej zależności dane uzyskuje się poniesiony całkowity nakład energetyczny dla wymienianego elementu, gdzie ne_1, ne_2, \dots, ne_n to współczynniki jednostkowych nakładów energetycznych danego rodzaju materiału. Natomiast poziomy emisji SO_2 i CO_2 odniesionych do materiałów z których wykonane były podzespoły podlegające wymianie w ramach czynności związanych z eksploatacją pojazdu wyznaczyć można z poniższej zależności:

$$EM_{FE} = \alpha_n \cdot \begin{bmatrix} Nm_1 \cdot em_{1/SO_2} \\ Nm_2 \cdot em_{2/SO_2} \\ \dots \\ Nm_n \cdot em_{n/SO_2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$EM_{FE} = \alpha_n \cdot \begin{bmatrix} Nm_1 \cdot em_{1/CO_2} \\ Nm_2 \cdot em_{2/CO_2} \\ \dots \\ Nm_n \cdot em_{n/CO_2} \end{bmatrix} \quad (7)$$

gdzie: $em_{1/SO_2}, em_{2/SO_2}, \dots, em_{n/SO_2}$ to współczynnik jednostkowych emisji SO_2 dla danego rodzaju materiału oraz $em_{1/CO_2}, em_{2/CO_2}, \dots, em_{n/CO_2}$ to współczynnik jednostkowych emisji CO_2 dla danego rodzaju materiału.

3. Założenia rocznej fazy eksploatacji

Do analizy rocznej eksploatacji pojazdu przyjęto następujące założenia:

- roczny przebieg pojazdów samochodowych: 15 tysięcy kilometrów;
- zakres czynności obejmujących wymianę płynów eksploatacyjnych oraz części i podzespołów samochodowych podlegających normalnemu eksploatacyjnemu zużyciu określono na podstawie harmonogramów przeglądów okresowych ustalonych przez producenta VW dla różnych modeli Golf.

Założenia dodatkowych czynności związanych z cykliczną wymianą elementów podlegających zużyciu a nieujętych w harmonogramie przeglądu okresowego:

- wymiana opon - co 4 lata (letnie i zimowe),
- wymiana klocków hamulcowych - co 2 lata,
- wymiana płynu do spryskiwaczy szyb - 2 razy do roku (letni i zimowy),
- wymiana piór wycieraczek - 2 razy do roku.

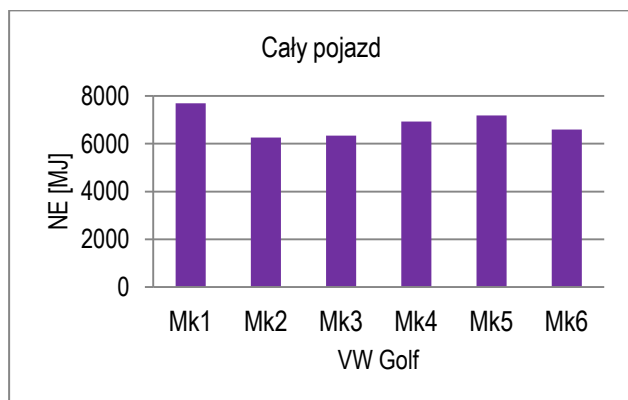
4. Wybrane wyniki obliczeń

Praktyczną weryfikację opracowanego modelu przedstawiającego nakłady energetyczne i poziom emisji SO_2 i CO_2 dla fazy eksploatacji wyznaczono na podstawie zestawienia zużycia materiałów eksploatacyjnych oraz materiałów podlegających cyklicznej wymianie. W tabeli 1 przedstawiono roczne nakłady energetyczne dla różnych modeli samochodu VW Golf – od najstarszego modelu Mk1 produkowanego w latach 1974-1983 do modelu Mk6 produkowanego w latach 2008-2012. Graficzną ilustrację tych zmian przedstawiono na rys. 2.

Tab. 1. Roczne nakłady energetyczne w [MJ] dla różnych modeli samochodu VW Golf

NE [MJ]	VW Golf					
	Mk1	Mk2	Mk3	Mk4	Mk5	Mk6
Cały pojazd	7700	6253	6338	6936	7189	6599

Nakłady energetyczne dla całego pojazdu samochodowego w kolejnych modelach VW Golfa są różne. Wahają się od 6253 MJ dla modelu Mk2 do 7700 MJ dla modelu Mk1. W modelu Mk2 nakłady energetyczne spadły o 18,8%. Między trzecią a drugą wersją nakłady wzrosły o 1,4%, a między czwartą a trzecią wersją – wzrosły o 9,4%. Między piątą a czwartą wersją nakłady wzrosły o 3,6%. W modelu Mk6 roczne nakłady energetyczne wyniosły prawie 6600 MJ i były niższe o 8,2% od nakładów w piątej wersji VW Golf.

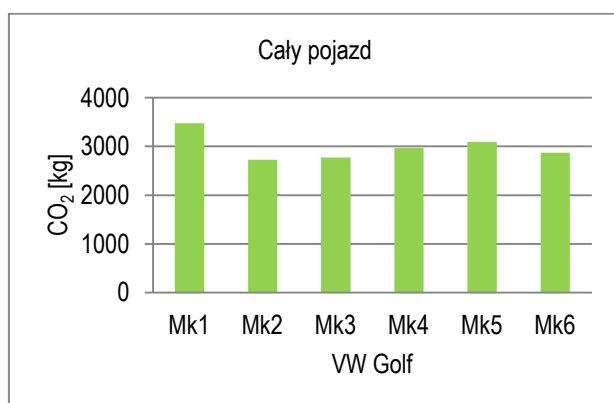


Rys. 2. Roczne nakłady energetyczne dla całego pojazdu

Emisja CO₂ dla całego pojazdu samochodowego w kolejnych modelach VW Golfa jest różna. Waha się od 2729 kg dla modelu Mk2 do 3478 kg dla modelu Mk1. W modelu Mk2 emisja CO₂ spadła o 21,5%. Między trzecią a drugą wersją emisja CO₂ wzrosła o 1,6%, a między czwartą a trzecią wersją – wzrosła o 7%. Między piątą a czwartą wersją emisja CO₂ wzrosła o 4,3%. W modelu Mk6 roczna emisja CO₂ wyniosła ponad 2870 kg i była niższa o 7,1% od emisji CO₂ w piątej wersji VW Golf.

Tab. 2. Roczna emisja CO₂ w [kg] dla różnych modeli samochodu VW Golf

Emisja CO ₂ [kg]	VW Golf					
	Mk1	Mk2	Mk3	Mk4	Mk5	Mk6
Cały pojazd	3478	2729	2773	2967	3094	2874

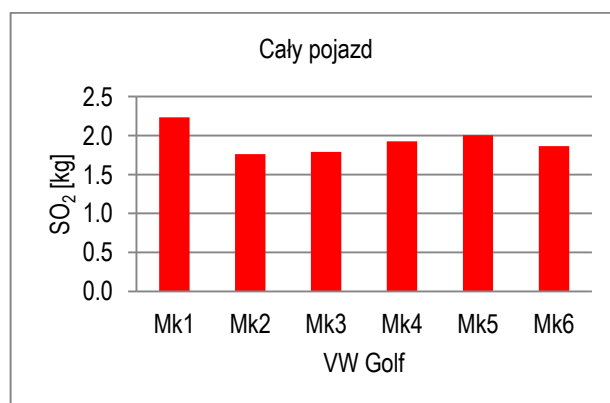


Rys. 3. Emisja CO₂ dla całego pojazdu samochodowego

Tab. 3. Roczna emisja SO₂ w [kg] dla różnych modeli samochodu VW Golf

Emisja SO ₂ [kg]	VW Golf					
	Mk1	Mk2	Mk3	Mk4	Mk5	Mk6
Cały pojazd	2,24	1,76	1,79	1,93	2,00	1,86

Roczna emisja SO₂ dla całego pojazdu samochodowego w kolejnych modelach VW Golfa jest różna. Waha się od 1,76 kg dla modelu Mk2 do 2,24 kg dla modelu Mk1. W modelu Mk2 emisja SO₂ spadła o 21,2%. Między trzecią a drugą wersją emisja SO₂ wzrosła o 1,6%, a między czwartą a trzecią wersją – wzrosła o 7,6%. Między piątą a czwartą wersją emisja SO₂ wzrosła o 4%. W modelu Mk6 roczna emisja SO₂ wyniosła 1,86 kg i była niższa o 7% od emisji SO₂ w piątej wersji VW Golf.



Rys. 3. Roczne nakłady energetyczne dla całego pojazdu

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i ich analizy można jednoznacznie stwierdzić, że:

1. W fazie eksploatacji nakłady energetyczne dla nowszego modelu Mk6 są niższe o 14,3% w porównaniu do nakładów energetycznych dla najstarszego modelu Mk1.
2. Również emisja CO₂ i SO₂ w fazie eksploatacji w przypadku nowszego modelu MK6 jest niższa odpowiednio o 17,4% i 17% w porównaniu do emisji CO₂ i SO₂ dla modelu MK1.
3. Mniejsze nakłady energetyczne oraz mniejsza emisja CO₂ i SO₂ w fazie eksploatacji w nowszych pojazdach samochodowych związana jest przede wszystkim z mniejszym zużyciem paliwa.

Bibliografia

1. Norma PN-82/N-04001. Eksploatacja obiektów technicznych. Terminologia ogólna.
2. PN-90/N-04002. Diagnostyka techniczna. Technologia ogólna.
3. Merkisz J.: Ekologiczne problemy silników spalinowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1998.

Artykuł powstał w ramach Projektu Badawczego nr N N509 517240 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

Analysis of selected energy and environmental aspects of the passenger vehicle operation phase

Abstract

The method of motor vehicles operation as well as the type of the drive system and the associated with that the chain of partial efficiency of the fuel chemical energy conversion or other energy carrier in the drive unit have an extremely significant impact on energy inputs and emissions level occurring in the operation phase of the passenger vehicle. An important element occurring in the operation phase of the motor vehicle shall be the charged material and energy costs. Considering the assumed by the manufacturer life of the vehicle, the necessary replacement of the components and parts may provide a significant position in the mass and energy balance and have a significant impact on the level of emissivity for the operation phase. The article presents the selected aspects of the energy and environmental modeling of the passenger vehicle operation phase.

Key words: passenger vehicle, energy inputs, environmental load.

Autorzy:

Dr inż. **Małgorzata Mroziak** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Mgr inż. **Piotr Smurawski** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie