

PIOTR OLEKSYK*

WPŁYW ZASILANIA SILNIKA PALIWEM LPG NA TRWAŁOŚĆ ZAWORÓW

THE INFLUENCE OF LPG SUPPLY ON ENGINE VALVE LIFE

Streszczenie

W artykule opisano badania mające na celu sprawdzenie, dlaczego dochodzi do wypalania gniazd zaworowych oraz zaworów w silnikach, które nie zostały wyposażone w hydrauliczną kompensację luzu zaworowego, a zostały przystosowane do spalania alternatywnego paliwa LPG. Zaprezentowano także wyniki badań po zastosowaniu środków zaradczych w postaci systemu dodatkowego smarowania gniazd zaworowych typu Flash-Lube.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, LPG, zawory silnikowe

Abstract

The paper describes a study to verify why the valve seats and valves are becoming firing in the engines, which were not equipped with compensation, of hydraulic valve clearance and they were designed to burn alternative LPG fuel. There were also presented results after application of some prevention measures in the form of additional remedial measures systems Flash-Lube which is using to protect and lubricate the valve seats.

Keywords: internal combustion engine, LPG, engine valves

* Mgr inż. Piotr Oleksyk, Dyrektor Techniczny, Czakram sp. j., Tarnów.

1. Wstęp

W pojazdach silnikowych powszechnie stosujemy paliwo alternatywne, jakim jest mieszanina propanu i butanu, znana pod skrótem LPG (*Liquified Petroleum Gas*). W dobie drożących paliw popularność tego paliwa jest coraz większa. W Polsce zakłady zajmujące się przystosowaniem silników do spalania LPG pojawiły się na początku lat 90. ubiegłego stulecia, różnica ceny pomiędzy benzyną a gazem (ok 50%) pozwoliła na duży rozwój tej branży na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat. Początki to proste silniki wyposażone w gaźniki, następnie jedno- i wielopunktowy wtrysk paliwa do kolektora dolotowego, kończąc obecnie na bezpośrednim wtrysku benzyny do komory spalania. Pierwsze instalacje to dość proste konstrukcje wyposażone w dwustopniowy reduktor gazu oraz mieszalnik gazu wykorzystujący zjawisko zwężki Venturiego [2, 3, 5].

Do regulacji ilości podawanego gazu służy ręczny zawór wieloobrotowy, ustalający maksymalny przepływ gazu. Taki system nie zawsze sprawdzał się i często dochodziło do złego doboru mieszalnika lub niewłaściwej regulacji czy też prób regulacji takowej instalacji przez właścicieli pojazdów. Konsekwencją tego najczęściej było zubażanie mieszanki gazowo powietrznej, co w konsekwencji prowadziło do podwyższenia temperatury spalania i zwiększonego obciążenia cieplnego komory spalania. Skutkiem tego było wypalanie gniazd zaworowych oraz zaworów [2, 4].

Druga generacja instalacji gazowych to zastąpienie regulatora ręcznego elektrycznym silnikiem krokowym, sterowanym przez sterownik zwany Lambda Control System. Bardziej rozwinięte konstrukcje wykorzystywały sygnały z czujników położenia przepustnicy, sondy lambda, otwarcia przepustnicy oraz prędkości obrotowej silnika. Pozwoliło to na stworzenie kilku strategii zasilania w zależności od stanu pracy silnika w danym momencie, które obejmują:

- bieg jałowy,
- zakres średniego obciążenia,
- chwilowe wzbogacanie mieszanki podczas nagłego przyspieszania,
- zubożenie mieszanki podczas hamowania silnikiem (zwane cut-off),
- pełne obciążenie,
- zakres pracy ogranicznika prędkości obrotowej [3, 4].

Tego typu instalacja, w dodatku dobrze wyregulowana, nie dopuszczała pracy na zubożonej mieszance, więc praca silnika na paliwie LPG nie powinna powodować wypalania gniazd zaworowych oraz zaworów. Niestety praktyka pokazała, że część silników zasilanych LPG mimo odpowiedniej mieszanki miało problem z wypalaniem gniazd oraz zaworów. Powodem tego jest mimo wszystko wyższa temperatura spalania, spowodowana różnicami w składzie chemicznym pomiędzy benzyną a gazem LPG. Wynika to zwykle z mniejszej prędkości spalania ubogiej mieszanki [3, 6].

Wieloletnie doświadczenia z branży pokazały grupy samochodów, które nie mają problemów z wypalaniem zaworów i są to pojazdy wyposażone w hydrauliczne popychacze z automatyczną regulującą luzu zaworowego. Odwrotnie jest z samochodami wyposażonymi w ręczną regulację luzu zaworowego, spotykaną najczęściej w silnikach japońskich marek. Ostatnie lata pokazały, że również coraz więcej samochodów europejskich wyposażanych jest w silniki bez hydraulicznej kompensacji luzu zaworowego. Z tego względu coraz więcej firm zaczęło oferować systemy smarujące gniazda i zawory silników zasilanych gazem. Artykuł opisuje badania prowadzone dla silników zasilanych paliwem LPG prowadzone

w okresie kilku lat, które w przeszłości miały problem z wypalaniem gniazd zaworowych oraz zaworów. Na podstawie dokonanych badań wykazano że istnieją silniki, w których z zastosowaniem paliwa LPG dochodzi do wypalania gniazd oraz zaworów, po stosunkowo krótkim okresie eksploatacji. Wykazano również, że można zapobiegać i znacznie ograniczyć ten proces [1, 6].

2. Opis badań

Badaniem objęto dziesięć pojazdów, część pojazdów poddano badaniom podczas eksploatacji na paliwie LPG w momencie wystąpienia problemu wypalania gniazd zaworowych, który objawiał się ciągłym zanikiem luzów zaworowych. Powodowało to spadek mocy silnika, nierówną pracę na biegu jałowym, gaśnięcie silnika oraz nadmierne zużycie paliwa. Badania drugiej grupy pojazdów rozpoczęły się w podczas montażu instalacji gazowej [3].

W pierwszej kolejności dokonywano sprawdzenia luzu zaworowego a w przypadku stwierdzenia odchyłki od tolerancji podanej przez producenta wykonywano regulację do górnej granicy podawanej przez producenta samochodu. Wyniki z kontroli luzu zaworowego zapisywano w tabeli w celu porównania przy następnej kontroli.

Kontrolę i ewentualną regulację luzu zaworowego dokonywano po całonocnym chłodzeniu pojazdu w temperaturze ok. 20°C w celu wyeliminowania błędów pomiarowych spowodowanym niepełnym wystudzeniem silnika. Następnie pojazd był poddawany normalnej eksploatacji 10-15 tys. km. Po tym przebiegu dokonywano sprawdzenia luzu zaworowego celem sprawdzenia skali problemu zmniejszania luzu zaworowego. W przypadku zmniejszenia luzu zaworowego poniżej minimalnej wartości podawanej przez producenta dokonywano ponownej regulacji luzu zaworowego. Kolejnym krokiem był montaż zestawu smarującego firmy Flash-Lube, prowadzenie ponownych badań eksploatacyjnych. Kolejne przeglądy były dokonywane w odstępach 10-15 tys. km. Wyniki porównywano do poprzednich, dokonywano także skrupulatnej analizy zużycia środka smarującego w stosunku do zużywanego paliwa [1].

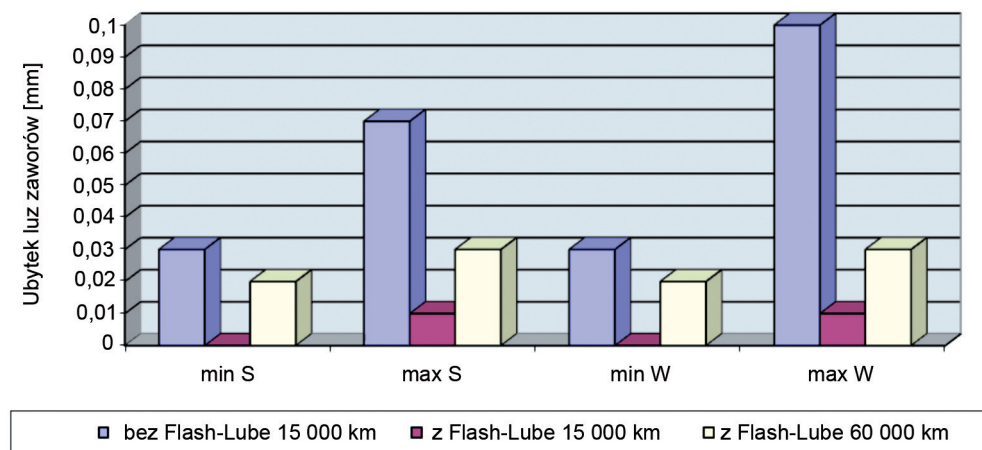
3. Wyniki badań i ich analiza

Badaniom poddano samochody wybranych marek, które najczęściej serwisowano w stacji montażu instalacji zasilania paliwem LPG.

3.1. Subaru Impreza STI 2.0 16V

Przed montażem instalacji gazowej sprawdzono luzy zaworowe i dokonano ich regulacji. Producent samochodu zaleca regulację luzów zaworowych po przebiegu 100 tys. km. Podczas sprawdzenia luzów zaworowych okazało się, że większość zaworów ma luzy bliskie minimalnej wartości rekomendowanej przez producenta, a trzy zawory były poniżej dopuszczalnej wartości. Luz zaworowy dla tego silnika wynosi 0,2 mm dla zaworów ssących oraz 0,25 mm dla zaworów wydechowych, odchyłka wynosi +/- 0,05mm. Przypuszczać można, że w tym silniku luzy zaworowe będą się kasować, więc regulacji dokonano w górnej odchyłce (0,25 mm zawory ssące oraz 0,30 mm zawory wydechowe). W pojeździe

przy przebiegu 54 543 km zamontowana została instalacja gazowa typu Sequent 56. Pojazd w pierwszym etapie badań został oddany do eksploatacji przez 15 000 km bez zastosowania środka smarującego, celem zbadania skali problemu. Pierwszy przegląd oraz sprawdzenie luzów zaworowych nastąpiło przy stanie licznika 70 143 km. Stwierdzono, że po dystansie 15 000 km z zastosowaniem instalacji gazowej luzy zaworowe uległy znacznemu zmniejszeniu, a ich wartość mieściła się w dolnej tolerancji zakładanej przez producenta. Należy jednak zaznaczyć, że zmniejszenie luzów zaworowych o 0,03–0,07 mm dla zaworów ssących oraz o 0,03–0,1 mm dla zaworów wydechowych jest nie do przyjęcia. Takie zmiany wartości luzów zaworowych wskazują, że należałoby dokonywać ich regulacji co najmniej 30 000 km, zamiast po 100 000 km, jak zakłada to producent, w przeciwnym razie uszkodzeniu (wypaleniu) ulegną gniazda i zawory. Dokonano regulacji luzów zaworowych do wartości wyjściowej 0,25–0,35 mm, przy czym zamontowany również został dozownik typu Flash-Lube. Po kolejnych czterech przeglądach po pokonaniu łącznego dystansu 60 000 km z zastosowaniem systemu Flash-Lube wyniki badań wykazały zmniejszenie procesu kasowania luzów zaworowych 0,02–0,03 dla zaworów ssących i wydechowych. Stwierdzono również, że eksploatacja instalacji LPG z użyciem środka Flash-Lube nie będzie wymagała częstszej regulacji luzów zaworowych, niż przewidział to producent samochodu [1].

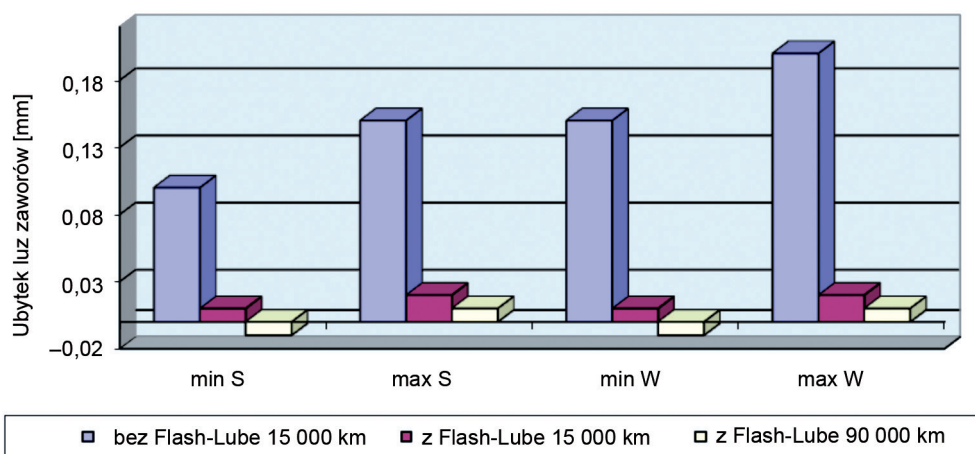


Rys. 1. Minimalna i maksymalna wartość luzów zaworowych, w zależności od przebiegu pojazdu Subaru Impreza STI, bez zastosowania i z zastosowaniem środka smarującego (min S, max S – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu ssącego, min W, max W – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu wydechowego)

Fig. 1. Minimum and maximum values of valve clearances, depending on the mileage of the car Subaru Impreza STI, with and without a lubricant (min S, max S – minimum and maximum value of the suction valve clearances; min W, max W – minimum and maximum value of the exhaust valve clearances)

3.2. Honda Accord 1,8 16 V

Badany pojazd był eksploatowany z instalacją gazową przez 50 000 km, bez zastosowania środka smarującego, co spowodowało zmniejszenie się luzów zaworowych o 0,–0,15 mm dla zaworów ssących oraz 0,15–0,20 mm dla zaworów wydechowych, w stosunku do wartości nominalnej. Dalsza eksploatacja pojazdu bez środka smarującego spowodowałaby zniszczenie głowicy silnika. Zamontowano dozownik Flash-Lube oraz dokonano regulacji luzów zaworowych do wartości zalecanej przez producenta, przegląd ustalono po 15 000 km. Po przejechaniu tego dystansu i badaniu pojazdu okazało się, że zmniejszenie wartości luzów zostało wyraźnie zahamowane. Kolejne przeglądy, nawet po 90 000 km eksploatacji z dodatkowym smarowaniem potwierdziły to zjawisko, a nawet okazało się, że po dłuższej eksploatacji luz zaworowy minimalnie się zwiększa [1].



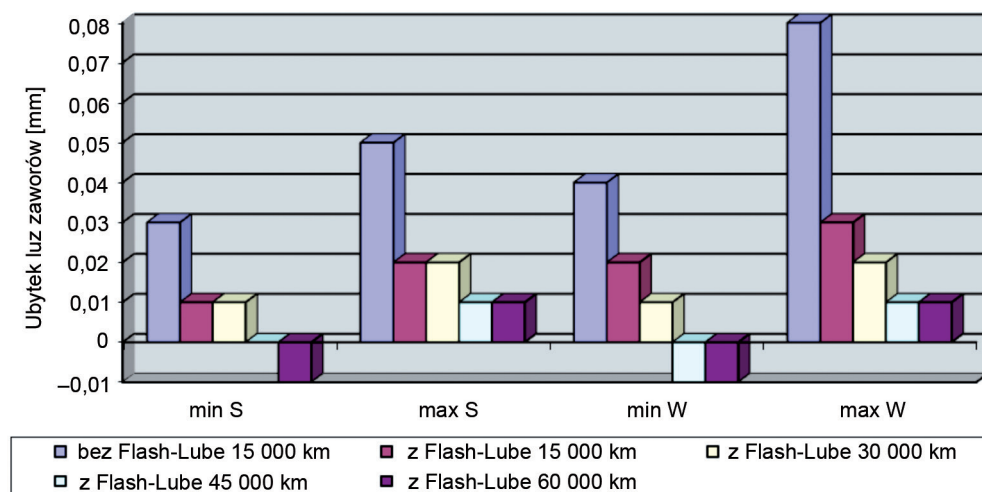
Rys. 2. Minimalna i maksymalna wartość kasowania luzów zaworowych, w zależności od przebiegu pojazdu Honda Accord 1,8 16V, bez zastosowania i z zastosowaniem środka smarującego (min S, max S – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu ssącego, min W, max W – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu wydechowego)

Fig. 2. Minimum and maximum value of the valve clearances elimination depending on the mileage of the car Honda Accord 1,8 16V, with and without a lubricant (min S, max S – minimum and maximum value of the suction valve clearances; min W, max W – minimum and maximum value of the exhaust valve clearances)

3.3. Honda CRV 2.0 16V VTI

Po montażu instalacji gazowej eksploatowano pojazd przez 15 000 km bez zastosowania środka Flash-Lube, celem zbadania skali problemu. Pierwszy przegląd wykazał znaczne zmniejszenie się luzów zaworowych – zawory ssące do 0,05 mm, a wydechowe do 0,08 mm. Luzy zaworowe zostały wyregulowane do wartości zalecanych przez producenta i dodatkowo został zamontowany dozownik Flash-Lube. Pojazd przekazano do dalszej eksploatacji. Po przejechaniu 15 000 km stwierdzono wyraźne zmniejszenie kasowania luzów zaworowych. W przypadku zaworów ssących luz zmniejszył się do 0,02 mm, natomiast w przy-

padku zaworów wydechowych do 0,03 mm. Zatem nie było konieczności regulacji luzów zaworowych. Pojazd przeznaczono do eksploatacji na kolejny dystans 15 000 km, po których okazało się, że proces zmniejszania się wartości luzów w dalszym ciągu jest znikomy od 0,01 mm dla zaworów ssących do 0,02 mm dla zaworów wydechowych. Kolejne przeglądy wykazały, że proces zmniejszania się luzów został całkowicie zahamowany. Świadczył o tym fakt, że na niektórych zaworach luz nie zmienił się w ogóle, a w kilku przypadkach nawet się zwiększył. Na tym etapie badania zakończono [1].



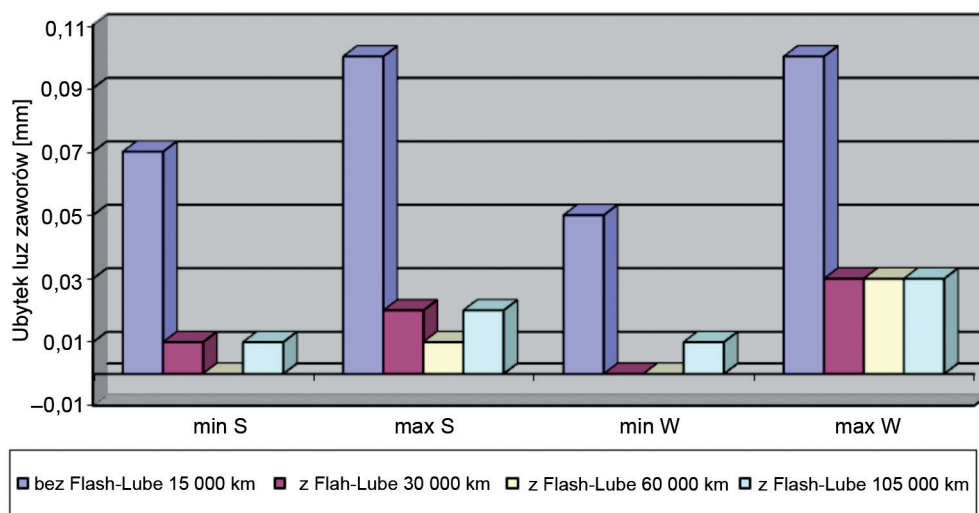
Rys. 3. Minimalna i maksymalna wartość kasowania luzów zaworowych, w zależności od przebiegu pojazdu Honda CRV 2.0 16V VTI, bez zastosowania i z zastosowaniem środka smarującego (min S, max S – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu ssącego, min W, max W – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu wydechowego)

Fig. 3. Minimum and maximum value of the valve clearances elimination depending on the mileage of the car Honda CRV 2.0 16V VTI, with and without a lubricant (min S, max S – minimum and maximum value of the suction valve clearances; min W, max W – minimum and maximum value of the exhaust valve clearances)

3.4. Toyota Corolla 1,4 16 V VVTI

Przed zamontowaniem instalacji gazowej sprawdzono luzy zaworowe, i dokonano ich regulacji. Następnie zamontowano instalację gazową typu Sequent Fast, bez zastosowania środka smarującego, aby zbadać skalę problemu. Po przebiegu 15 000 km z zastosowaniem instalacji gazowej okazało się, że luzy zaworowe uległy zmniejszeniu 0,07–0,10 mm dla zaworów ssących oraz 0,07–0,10 mm dla zaworów wydechowych. Takie zmiany wartości luzów zaworowych powodują konieczność regulacji zaworów co 30 000 km, zamiast co 100 000 kilometrów, jak zaleca producent. Zaniedbanie tych czynności przyczynia się do uszkodzenia (wypalenia) gniazd i zaworów. Dokonano regulacji luzów zaworowych do wartości wyjściowej 0,25 mm dla zaworu ssącego i 0,35 mm dla zaworu wydechowego oraz zamontowany został dozownik środka smarującego. Wyznaczono przegląd po 15 000 km. W trakcie testu silnik zużył 1450 ml płynu Flash-Lube. Wyniki pomiarów wskazują jedno-

znacznie, że zastosowanie środka smarującego znacznie ograniczyło kasowanie luzów zaworowych. Przy tak małym kasowaniu luzów zaworowych następne sprawdzenie zaplanowano po 30 000 km. W trakcie testu silnik zużył 3150 ml płynu Flash-Lube. Wyniki pomiarów potwierdziły, że płyn ten spełnia swoją rolę. Luzy zaworowe maleją nieznacznie pomimo dużej liczby przejechanych kilometrów. Przypadek ten wskazuje, że z zastosowaniem środka Flash-Lube, bezpiecznie można przeprowadzać regulację zaworów zgodnie z zaleceniami producenta, czyli co 100 000 km. Z tego powodu wydłużono termin kolejnego przeglądu do 45 000 km. W trakcie testu silnik zużył 4250 ml płynu. Wyniki pomiarów wartości luzów zaworowych były bardzo podobne do uzyskanych podczas poprzednich przeglądów. Można stwierdzić, że z zastosowaniem środka Flash-Lube regulacja zaworów nie jest wymagana nawet po przebiegu 100 000 km. Na tym etapie badania zakończono [1].

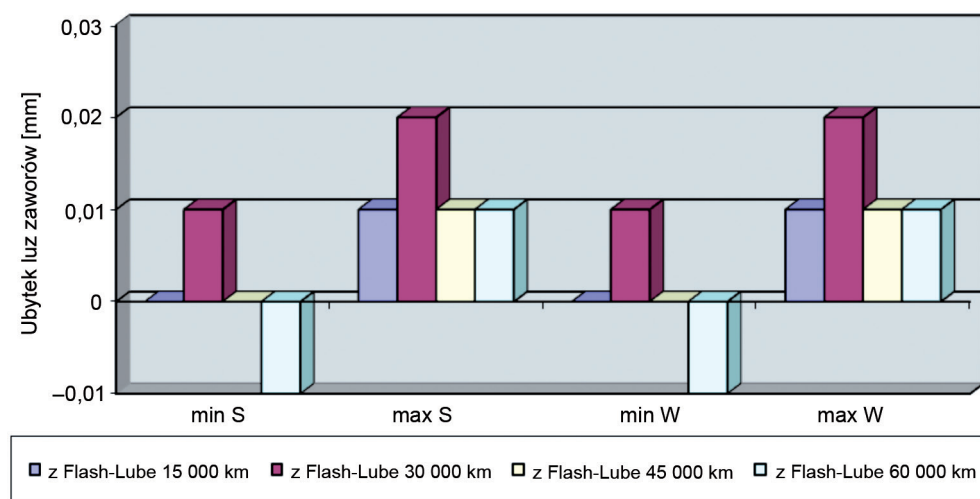


Rys. 4. Minimalna i maksymalna wartość luzów zaworowych, w zależności od przebiegu pojazdu Toyota Corolla 1,4 16V VVTI, bez zastosowania i z zastosowaniem środka smarującego (min S, max S – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu ssącego, min W, max W – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu wydechowego)

Fig. 4. Minimum and maximum value of the valve clearances depending on the mileage of the car Toyota Corolla 1,4 16V VVTI, with and without a lubricant (min S, max S – minimum and maximum value of the suction valve clearances; min W, max W – minimum and maximum value of the exhaust valve clearances)

3.5. Toyota Land Cruiser 4.0 V6 VVTI

Instalacja gazowa została zamontowana do praktycznie nowego pojazdu (300 km) wraz z dozownikiem płynu smarującego. Przeglądy pojazdu wykonywane co około 15 000 km wykazały, iż luzy zaworowe zmniejszają swoją wartość w zadowalających granicach, a po przebiegu 60 000 km proces kasowania luzu zaworowego zostaje zahamowany całkowicie, a luzy zaworowe nawet ulegają zwiększeniu [1].

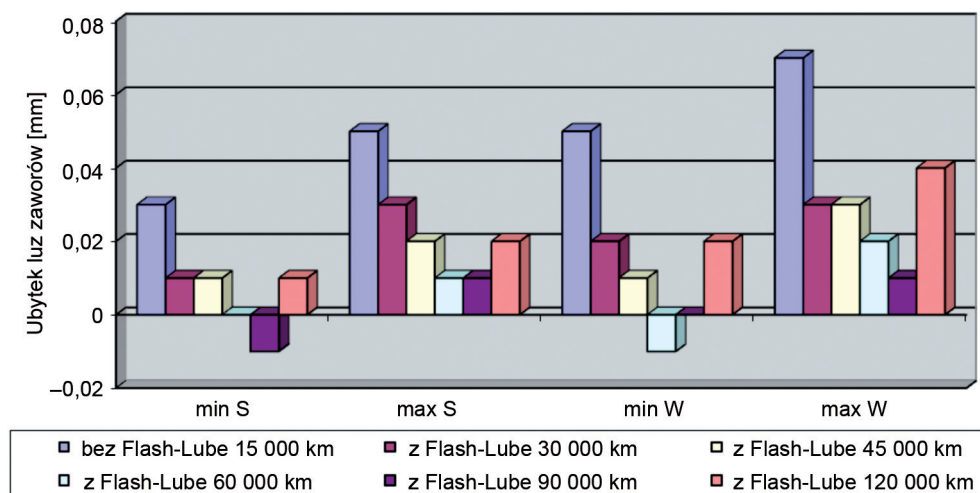


Rys. 5. Minimalna i maksymalna wartość kasowania luzów zaworowych, w zależności od przebiegu pojazdu Toyota Land Cruiser 4.0 V6 VVTI, z zastosowaniem środka smarującego (min S, max S – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu ssącego, min W, max W – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu wydechowego)

Fig. 5. Minimum and maximum value of the valve clearances elimination depending on the mileage of the car Toyota Land Cruiser 4.0 V6 VVTI, with a lubricant (min S, max S – minimum and maximum value of the suction valve clearances; min W, max W – minimum and maximum value of the exhaust valve clearances)

3.6. Toyota RAV 4 2,0 16 V

Po zamontowaniu instalacji gazowej i przebiegu 15 000 km okazało się, że luzy zaworów ssących zmniejszają swoją wartość do 0,05, a wydechowych o wartość do 0,07 mm. W związku z powyższym w pojeździe zamontowano dozownik Flash-Lube. Kolejny dystans 15 000 km wykazał zmniejszenie się wartości luzu zaworowego do wartości 0,03 mm. Kolejne 15 000 km eksploatacji wykazało zahamowanie procesu kasowania luzu zaworowego, o wartości do 0,01 mm. Następny przegląd wyznaczono po 30 000 km, który wykazał, iż wartości luzów praktycznie się nie zmieniły, a w niektórych przypadkach ulegały zwiększeniu. Natomiast po kolejnych 30 000 km okazało się, że wartości kasowania luzów zaworowych zwiększyły się, do 0,02 mm dla zaworów ssących oraz 0,04 mm dla wydechowych. Przyczyną tego była eksploatacja pojazdu przez około 20 000 km po europejskich autostradach, z bardzo dużymi prędkościami. W tego typu przypadkach środek smarujący nie jest dostarczany do silnika w wystarczających ilościach. Powodem tego jest brak podciśnienia w kolektorze ssącym, wywołanym dużym obciążeniem silnika [1].



Rys. 6. Minimalna i maksymalna wartość kasowania luzów zaworowych, w zależności od przebiegu pojazdu Toyota RAV 4 2,0 16V VVTI, z zastosowaniem środka smarującego (min S, max S – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu ssącego, min W, max W – minimalna i maksymalna wartość luzów zaworu wydechowego)

Fig. 6. Minimum and maximum value of the valve clearances elimination depending on the mileage of the car Toyota RAV 4 2,0 16V VVTI, with a lubricant (min S, max S – minimum and maximum value of the suction valve clearances; min W, max W – minimum and maximum value of the exhaust valve clearances)

3.7. Toyota Yaris 1.0 VVTI

Instalacja gazowa Sequent 24 została zamontowana zaraz po zakupie pojazdu, po przebiegu 3000 km, wraz z dozownikiem płynu smarującego. Ze względu na mały przebieg pojazdu nie były kontrolowane luzy zaworowe. Pojazd był eksploatowany w szkole jazdy. Przy pierwszym przeglądzie wykonanym po dystansie 15 000 km zauważono, że luzy mieszczą się w tolerancji producenta, ale niesprawdzenie luzów zaworowych przed montażem było błędem, ponieważ nie wiadomo, czy zmierzone luzy są wynikiem stosowania środka Flash-Lube, czy też pojazd opuścił fabrykę z takimi luzami. Po przejechaniu kolejnych 15 000 km średnie zmniejszanie się luzów zaworowych wynosiło 0,02 mm dla zaworów ssących oraz 0,03 mm dla wydechowych, natomiast na trzecim cylindrze zaobserwowano bardzo niepokojące zjawisko zmniejszania się wartości luzów aż o 0,05 mm w przypadku zaworów ssących oraz 0,08 mm w przypadku zaworów wydechowych. Dokonano wówczas regulacji luzów zaworowych do wartości zalecanych przez producenta. Pojazd został oddany do eksploatacji na kolejne 15 000 km. Po tym przebiegu, podczas przeglądu okazało się, że średnie wartości zmniejszania się luzów zaworowych są w granicy 0,02 mm dla zaworów ssących i wydechowych. Natomiast na trzecim cylindrze problem zamiast zostać zahamowany, jeszcze bardziej się pogłębił. Luzy zaworowe dla zaworów ssących zmniejszyły się o 0,10 mm, a dla wydechowych 0,14 mm. Fakt ten był powodem do poszukiwania przyczyny zaistniałego zjawiska. Postanowiono zrobić gruntowny przegląd, w trakcie którego po demontażu kolek-

tora ssącego okazało się, że podczas montażu instalacji gazowej mechanik użył nadmiernej ilości kleju do osadzenia dyszy wtryskiwacza gazu (klej spowodował częściowe zaklejenie dyszy). Skutkiem tego błędu była zbyt uboga mieszanka gazu na trzecim cylindrze, a to spowodowało wyższą temperaturę spalania i sukcesywne wypalanie się zaworu i gniazda. Instalacja została ponownie zmontowana, a luzy zaworowe wyregulowane do wartości nominalnych. Przy kolejnym przeglądzie wykonanym po dystansie 15 000 km problem z trzecim cylindrem już nie występował, poza tym średnie zmniejszanie się luzów zaworowych wynosiło 0,02 mm dla zaworów ssących i wydechowych, co świadczy o bardzo dobrym wyniku. Dalsza eksploatacja samochodu na dystansie 60 000 km wykazała całkowite zahamowanie procesu zmniejszania się wartości luzów zaworowych, a tym samym potwierdziła zasadność stosowania Flash-Lube. Na tym badania zakończono [1].

4. Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały jednoznacznie, że niektóre silniki zasilane paliwem LPG muszą zostać wyposażone w system dodatkowego smarowania gniazd i zaworów. Badania wykazały również, że głównym powodem zmniejszania się wartości luzów zaworowych jest podwyższona temperatura spalania, często spowodowana ubogą mieszanką, jak to miało miejsce w przypadku toyoty yaris. W tym przypadku błąd montażysty spowodował częściowe zaklejenie dyszy wtryskującej gaz i w związku z tym jeden cylinder, przy większych obciążeniach, pracował na ubogiej mieszance paliwowo powietrznej. Mieszanka taka powoduje wydłużenie procesu spalania i wzrost temperatury spalania, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszania wartości luzów zaworowych, a następnie wypalenia gniazd i zaworów. Jako przykład można podać czasy kryzysu paliwowego, kiedy w celu zmniejszenia jednostkowego zużycia paliwa stosowano w nieumiejętny sposób modyfikacje polegające głównie na zmianie głównej dyszy paliwowej na mniejszą. Skutek tego był dokładnie taki sam jak w przypadku badanej toyoty yaris z częściowo zaklejoną dyszą wtryskującą gaz. Wieloletnia praktyka w montażu i serwisowaniu pojazdów zasilanych paliwem LPG wykazała przypadki zmniejszania się wartości luzów zaworowych w pojazdach, które teoretycznie nie miały do tego skłonności i nie były na liście pojazdów wymagających dodatkowego smarowania gniazd i zaworów. Wnikliwa analiza tych przypadków pokazała, że pojazdy te były wyposażone w najprostsze instalacje gazowe, niejednokrotnie nie mogące sprostać wymaganiom silnika (zapotrzebowanie na paliwo), lub instalacje były pierwszej generacji, gdzie ilość gazu dostarczanego do silnika regulowana jest ręcznie, z dużą dozą subiektywizmu. W konsekwencji uszkodzeniu ulegała głowica, tak jak to miało miejsce przed laty przy próbach zmniejszenia zużycia paliwa. Należy również wskazać na przypadek Toyoty RAV 4, w której system smarowania gniazd i zaworów działał poprawnie do momentu eksploatacji samochodu z dużymi prędkościami na bardzo długich odcinkach drogi, a tym samym z dużym i ciągłym otwarciem przepustnicy. Okazuje się, iż podczas tego rodzaju eksploatacji samochodu, system Flash-Lube nie działał poprawnie, gdyż w systemie tym podciśnienie panujące w kolektorze zasysa środek smarujący w momencie, gdy przepustnica jest zamknięta, podciśnienie jest największe, a tym samym ilość środka podawanego do silnika jest największa. Natomiast wraz ze zwiększaniem się obciążenia i otwieraniem przepustnicy, podciśnienie spada, a wraz z nim spada ilość środka dostarczanego do smarowania zaworów. Problem ten można jednak rozwiązać. Sposobem na to może być zastosowanie urządze-

nia odwracającego zasadę działania tego systemu, czyli na biegu jałowym przy zamkniętej przepustnicy, i dużym podciśnieniu ilość środka smarującego podawanego do silnika byłaby niewielka, a wraz ze wzrostem obciążenia dozowanie środka by się zwiększało. Uzyskać to można poprzez elektronicznie sterowane dozowanie środka za pośrednictwem elektrozaworu (urządzenie jest już w fazie testów i przygotowania do produkcji, przez firmę Flash Lube), lub mechanicznie, które udało się osiągnąć przy pomocy firmy ślusarskiej, która wykonała prototypy urządzenia. W urządzeniu tym podciśnienie poprzez membranę i zaworek powoduje ograniczenie dostarczania środka, natomiast wraz ze spadkiem podciśnienia sprężyna zamontowana w urządzeniu otwiera zaworek proporcjonalnie do spadku podciśnienia, i ilość dostarczanego środka do silnika jest coraz większa.

W wyniku przeprowadzonych badań można stwierdzić, iż istnieje grupa silników wymagająca dodatkowego smarowania gniazd i zaworów w przypadku zasilania silnika paliwem alternatywnym LPG. Zjawisku niekorzystnych zmian wartości luzów zaworowych oraz towarzyszącej mu destrukcji gniazd i zaworów można zaradzić stosując system smarowania gniazd i zaworów Flash-Lube. Poza tym, ponad wszelką wątpliwość, w niektórych przypadkach czynnikiem, który powoduje owe zjawisko, jest nadmierna temperatura spalania, wywołana dość często zbyt ubogą mieszanką paliwowo-powietrzną. Problem ten nie wynika ze stosowania paliwa LPG, lecz nieprawidłowego doboru instalacji gazowej w pojazdach samochodowych [1, 3].

Literatura

- [1] Oleksyk P., Toporkiewicz J., *Potrzeba dodatkowego smarowania gniazd zaworowych w silnikach benzynowych zasilanych paliwem LPG*, praca magisterska, Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków 2010.
- [2] Majerczyk A.T.S., *Układy Zasilania gazem propan-butan.*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2003.
- [3] Materiały Szkoleniowe oraz wyniki badań firmy Czakram Jacek Okoński sp. j.
- [4] www.czakram.pl
- [5] S o w a A., *Samochodowe instalacje zasilania gazem.*
- [6] www.flashlube-europe.com