

ŠIUOLAIKINIŲ DYZELINIŲ AUTOMOBILIŲ VARIKLIŲ KIETŲJŲ DALELIŲ FILTRŲ REGENERACIJOS PROBLEMOS

The Regeneration Problems of DPF in Modern Car Powered by Diesel Engine

Saugirdas Pukalskas¹, Jonas Matijošius², Vidas Žuraulis³, Vigilijus Sadauskas⁴

VGTU Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių transporto katedra^{1,2,3,4}
saugirdas.pukalskas@vgtu.lt, jonas.matijosius@vgtu.lt, vidas.zuraulis@vgtu.lt, vigilijus.sadauskas@gmail.com

Norint tenkinti EURO 5 aplinkosaugos standarto reikalavimus daugelis automobilių gamintojų savo gaminamuose dyzeliniuose automobiliuose montuoja kietųjų dalelių filtrą, sumažinantį suodžių kiekį išmetamosiose dujose. Automobilio eksploatacijos metu filtrė prisikaupia kietųjų dalelių ir jis užsikemša. Išsivalo ši sistema automatiškai – vykstant saviminei regeneracijai. Daugelio automobilių regeneracijos procesas vyksta tuomet, kai į variklio cilindrus degimo takto pabaigoje įpurškiama papildoma porcija dyzelino. Šis dyzelinas nesudega cilindre, bet patenka į išmetimo sistemą ir kietųjų dalelių filtrą, kuriame jis užsidega ir pakelia temperatūrą. Tačiau toks naudojamas būdas sukelia nepageidaujamus reiškinius – papildomai purškiamas dyzelinas, kai stūmoklis yra netoli apatinio rimties taško, patenka ant cilindro sienelių ir dalis jo nuteka į variklio karterį, atskiesdamas variklinę alyvą. Dėl to blogėja alyvos eksploatacinės savybės, trumpėja jos keitimo intervalas ir, savaime suprantama, didėja išlaidos automobilio aptarnavimui.

Šiame darbe atliktas dyzelinio automobilio Fiat Doblo, turinčio kietųjų dalelių filtrą, variklio alyvos kokybės eksploatacijos metu tyrimas, kurio metu nustatyta, kad įvykus regeneracijai variklinės alyvos pliūpsnio temperatūra staigiai sumažėja.

Ivadas

Dėl griežtėjančių aplinkosaugos reikalavimų dyzeliniams varikliams, šiuolaikiniai automobiliai aprūpinami moderniomis techninėmis sistemomis, kuriomis siekiama sumažinti išmetamąsias kenksmingas medžiagas iki nustatytų normatyvų (Lebedevas ir kt. 2009). Dyzelinio variklio išmetamosiose dujose viena pagrindinių kenksmingų medžiagų yra kietosios dalelės. Jos formuojasi dyzeliniame variklyje iš elementariosios anglies ir organinių komponentų, kurie daugiausiai susideda iš nesudegusios alyvos, dyzelino ir dalinai oksidavusių junginių degant alyvai ir degalams (Matijošius ir kt. 2009). Dėl kietųjų dalelių didėja susirgimų rizika, pasireiškianti mutageniniu ir kancerogeniniu efektu, plaučių ligomis, chroniškais viršutinių kvėpavimo takų uždegimais, astma ir alerginėmis reakcijomis (T. Barcnecht, 1983).

Šiuo metu gaminamiems ir parduodamiems ES automobiliams taikomos EURO 5 aplinkosaugos normos. Pagal jas kietųjų dalelių kiekiai neturi viršyti 5 mg/km. Gamintojai šias problemas sprendžia į dyzelinių variklių išmetimo sistemas montuodami kietųjų dalelių filtrus, kurie sumažina suodžių kiekį išmetamosiose dujose. Šie filtrai valosi regeneracijos būdu, kurio esmė yra susikaupusių kietųjų dalelių išdeginimas. Tačiau daugelio gamintojų sistemose naudojama tokia techno-

logija, kuomet vykstant regeneracijai variklinė alyva atsiskiedžia dyzelinu ir dėl to blogėja jos savybės. Be to sistemos aktyvavimui reikalingi tam tikri važiavimo režimai, kuriems nesant sistema veikia netinkamai (Matijošius ir kt., 2009; Brandenberger ir kt., 2005).

Literatūros apžvalga

Tiriant aktyviusius ir pasyviuosius kietųjų dalelių filtro regeneracijos būdus suodžių kiekio sumažinimui išmetamosiose dujose buvo vykdoma kietųjų dalelių oksidacija deguonimi ir azoto dvideginiu. Tyrimai parodė, kad nesvarbu kokį iš minėtų būdų pasirinkus oksidacijos procesas žymiai pagerino kietųjų dalelių filtro regeneraciją (C. Gorsmann, 2005).

Optimalus kietųjų dalelių filtro purėtas buvo 9 μm tiriant kietųjų dalelių filtre dalelių kaupiamąjį judėjimą Boltzmano metodu. Didėjant kietųjų dalelių dispersiškumui kietųjų dalelių filtro regeneracijos efektyvumas mažėdavo (K. Yamamoto ir kt., 2009).

Kietųjų dalelių filtro tyrimai parodė, kad didžiausias regeneracijos proceso efektyvumas pasiekiamas dyzeliniam varikliui dirbant pagal NEDC (New European Driving Cycle) metodiką (D. Finno ir kt., 2009).

Kietųjų dalelių filtro efektyvumo tyrimai nustatė, kad optimali regeneracijos temperatūra siekia 250°C naudojant žematemperatūrinę plazmą ir regeneracijai prasidėjus didėja CO ir CO₂ kiekiai išmetamosiose dujose (M. Okubo ir kt., 2008).

Keramikinio filtro naudojimas didina regeneracijos efektyvumą iki 80%, o regeneracijos trukmė sumažėja iki 12 minučių (X. Xiaoguang ir kt., 2000).

Bandant dyzelinį variklį su kietųjų dalelių filtru pastebėta, kad vykstant filtro regeneracijos procesui variklinėje alyvoje 40-80% mažėja parafinų kiekis (S. Brandenberger ir kt., 2005).

Tyrimų tikslas ir uždaviniai

Šio darbo tikslas – ištirti automobilio Fiat Doblo dyzelinio variklio (1,3 l darbinio tūrio, 55 kW galios) kietųjų dalelių filtro regeneracijos įtaką variklinės alyvos kokybei.

Tikslui pasiekti buvo sprendžiami tokie uždaviniai:

1. Paruošti tyrimo metodiką ir įrangą.
2. Atlikti bandomuosius važiavimus miesto režimu registruojant aplinkos ir važiavimo sąlygas, degalų sąnaudas bei atliekant sistemos elementų stebėseną (prietaisų skydelio rodmenys, bendras automobilių sistemų veikimas).
3. Atlikti laboratorinius alyvos kokybės rodiklių tyrimus (tankis, kinematinė klampa, pliūpsnio temperatūra).
4. Apdoroti gautus tyrimų rezultatus ir juos palyginti.

Tyrimų metodika

Tyrimai buvo atlikti Fiat Doblo automobiliu su 1,3 l darbinio tūrio dyzeliniu varikliu su kietųjų dalelių filtru. Važiavimai buvo atliekami dviem etapais: važiuojant miesto režimu Vilniuje (su dažnais pagreitėjimais ir stabdymais, vidutiniu 22-33 km/h greičiu) ir atliekant alyvos kokybės rodiklių laboratorinius bandymus (tankis, kinematinė klampa, pliūpsnio temperatūra).

Pirmu etapu buvo registruojami šie parametrai:

1. Degalų sąnaudos, l/100 km.
2. Rida, km
3. Aplinkos temperatūra, °C.
4. Važiavimo laikas ir trukmė, min.

Važiavimo sąlygos – miesto režimu (per valandą nuvažiuojant ~10 km, vidutiniškai per dieną ~75 km).

Antru etapu buvo registruojami šie parametrai:

1. Bandymų aplinkos temperatūra, °C.
2. Alyvos tankis, kg/m³.
3. Alyvos kinematinė klampa, cSt.
4. Alyvos pliūpsnio temperatūra, °C.

Alyva laboratoriniams bandymams buvo imama prieš naują važiavimo etapą (po 12 val. pertraukos alyvai nusistovėti ir ataušti) po 100 ml ir nepapildant nauja, bet išlaikant lygį nežemiau minimalios ribos. Aplinkos temperatūra buvo matuojama technologiniu termometru TE 100, kurio matavimo ribos yra nuo 10 iki 300°C (padalos vertė 1°C). Atliekant alyvos kinematinės klamos matavimus buvo remtasi VGTU Automobilių transporto katedros mokslininkų parengta naftos produktų kinematinės klamos nustatymo metodika, naudojant kapiliarinį viskozimetrą „Tamson ASTM D446“. Alyvos pliūpsnio temperatūra buvo matuojama remiantis VGTU Automobilių transporto katedros mokslininkų parengta naftos produktų pliūpsnio temperatūros nustatymo metodika, naudojant atviro tigelio prietaisą „NCL 120 Normalab Analis“. Bandymai buvo atliekami vienodomis sąlygomis, jeigu jų nepavykdavo išlaikyti, buvo įvedami pataisos koeficientai, atitinkantys nurodytose metodikose keliamus reikalavimus.

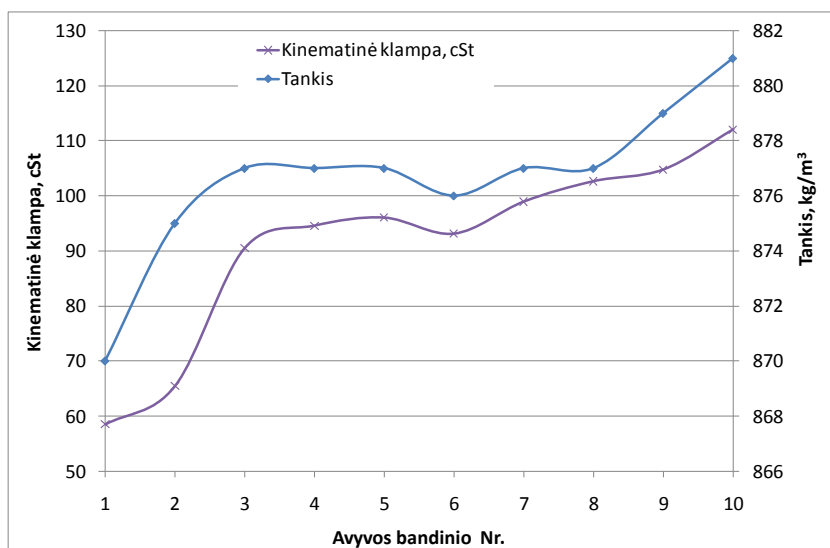
Tyrimų rezultatai

Bandymų metu automobilis buvo techniškai tvarkingas, po atliktos techninės priežiūros. Po dviejų dienų važiavimo, nuvažiavus 114 km miesto režimu prietaisų skydelyje užsidegė indikacinis rodmuo „įpurškimo sistemos gedimas“ („fuel injection system fault“), atsiradęs dėl užsikimšusio kietųjų dalelių filtro ir neįvykusio savaiminio regeneracijos proceso. Pasijuto mažesnė variklio trauka. Pagal gamintojo nurodytus reikalavimus siekta skatinti regeneracijos procesą 20 minučių važiuojant pastoviu 80 km/h greičiu, tačiau regeneracija neįvyko. Siekiant pašalinti šiuos gedimus buvo kreiptasi į specializuotą „Fiat“ automobilių servisą. Jame buvo atlikta priverstinė filtro regeneracija, po kurios automobilis be sutrikimų nuvažiavo 128

km. Po to prietaisų skydelyje užsidegė indikacijos rodmuo „užsikimšęs dyzelinių dalelių filtras“ („antipollution filter clogged“), kuris parodo, kad yra užsikimšęs kietųjų dalelių filtras, o važiavimo sąlygos neleidžia automatiškai aktyvuoti remonto procedūros. Kartu užsidegė indikacinis rodmuo „įpurškimo sistemos gedimas“, tai reiškia, kad filtro valymo procedūra negali būti atlikta. Pastebėtos didesnės degalų sąnaudos rodo, kad sistema bandė atlikti savaiminę regeneraciją papildomai tiekdamą dyzeliną, reikalingą suodžių išdeginimui kietųjų dalelių filtre, tačiau regeneracijos procedūra neįvyko. Pakartotinai kreiptasi į specializuotą „Fiat“ automobilių servisą. Jame buvo pakartotinai atlikta priverstinė filtro regeneracija. Po to automobilis nuvažiavo dar 478 km ir įvyko savaiminė regeneracija: užsidegė indikacijos rodmuo „užsikimšęs dyzelinių dalelių filtras“, o nuvažiavus 5 km indikacinis rodmuo užgeso. Galima teigti, kad pakartotina specializuoto serviso priverstinė regeneracija buvo atlikta kokybiškai, o pirminė – ne.

Laboratorinio tyrimo metu buvo ištirta 10 alyvos mėginių, nustatant tankį, kinematinę klampą ir pliūpsnio temperatūrą. Charakteringi mėginiai būtų šie: pirmasis – šviežia alyva; trečiasis – užsidegus išpėjimui apie užsiteršusį kietųjų dalelių filtrą; ketvirtasis – po priverstinės regeneracijos; šeštasis – po pakartotinos priverstinės regeneracijos; devintasis – po savaiminės regeneracijos.

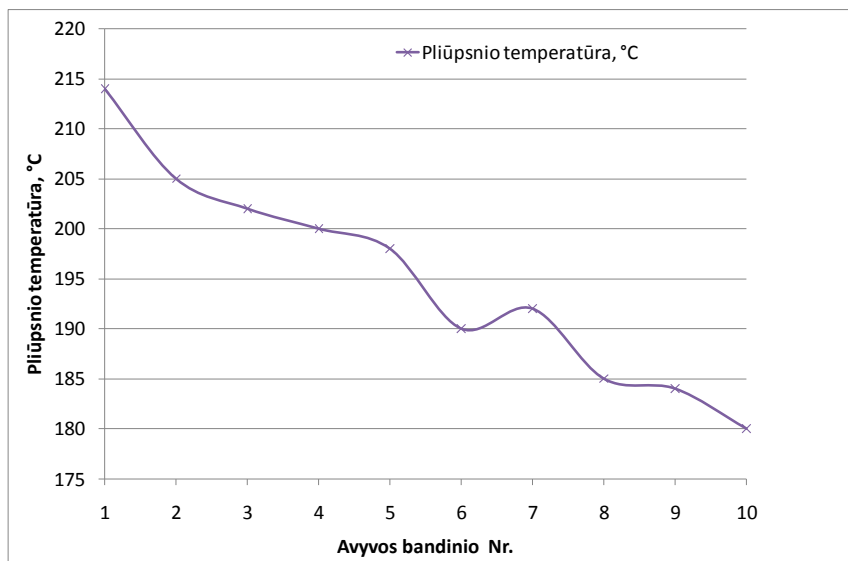
Atlikti tyrimai parodė, kad eksploatuojant automobilį su tokia kietųjų dalelių mažinimo technologija variklio alyvos tankis ir kinematinė klampa didėjo dėl į alyvą patenkančių suodžių (1 pav.).



1 pav. Alyvos kinematinės klamos ir tankio pokytis bandymų metu
Fig. 1 Variation of oil kinematic viscosity and density during investigation

Pliūpsnio temperatūros mažėjimas aiškinamas tuo, kad į alyvą patekęs dyzelinas praskiedžia alyvą, kurio pliūpsnio temperatūra yra žymiai mažesnė (65°C), lyginant su alyvos (214°C). Šią tendenciją aiškiai pastebime 2 paveiksle, kur matyti, kad

eksploatuojant automobilį alyvos pliūpsnio temperatūra nuolat mažėja, o ypač tai pastebima šeštajame taške – po sėkmingai atliktos pakartotinos priverstinės regeneracijos.



2 pav. Alyvos pliūpsnio temperatūros pokytis bandymų metu

Fig. 2 Variation of oil flash point during investigation

Kietųjų dalelių filtro regeneracijos metu į variklio cilindrus degimo takto pabaigoje įpurškiama papildoma porcija dyzelino. Šis dyzelinas nesudega cilindre, bet patenka į išmetimo sistemą ir kietųjų dalelių filtrą, kuriame jis užsidega ir pakelia jo temperatūrą. Tačiau toks naudojamas būdas sukelia nepageidaujamas reiškinius – papildomai purškiamas dyzelinas, kai stūmoklis yra netoli apatinio rimties taško, patenka ant cilindro sienelių, o kadangi dyzelinas yra labai skvarbus, jis pro tarpelį tarp stūmoklio ir cilindro patenka į variklio karterį, atskiesdamas variklinę alyvą. Tą akivaizdžiai įrodo šeštojo alyvos mėginio tyrimas. Dėl to blogėja alyvos eksploatacinės savybės, trumpėja jos keitimo intervalas ir, savaime suprantama, didėja išlaidos automobilio aptarnavimui.

Išvados

Atlikus eksperimentinius automobilio Fiat Doblo tyrimus buvo gautos šios išvados:

1. variklinės alyvos tankis nuvažiavus 380 km (5 alyvos mėginys) padidėjo 0,7 %, nuvažiavus 1200 km padidėjo 1,4 % (10 alyvos mėginys), lyginant su šviežios alyvos tankiu;
2. variklinės alyvos pliūpsnio temperatūra nuvažiavus 380 km (5 alyvos mėginys) sumažėjo 5,6 %, nuvažiavus 1200 km sumažėjo 15,9 % (10 alyvos mėginys), lyginant su šviežios alyvos pliūpsnio temperatūra;

3. variklinės alyvos klampa nuvažiavus 380 km (5 alyvos mėginys) padidėjo 38,9 %, nuvažiavus 1200 km padidėjo 47,7 % (10 alyvos mėginys), lyginant su šviežios alyvos klampa;
4. ankstesnės išvados leidžia daryti prielaidą, kad kietųjų dalelių filtro regeneracijos metu alyva yra skiedžiama dyzelinu, dėl ko trumpėja alyvos tarnavimo laikas, jos keitimo intervalas ir išlaidos automobilio aptarnavimui.

Literatūra

1. T. R. Barfknecht (1983) Toxicology of soot. *Progress in Energy and Combustion Science, Volume 9, Issue 3*, p. 199-237.
2. S. Brandenberger, M. Mohr, K. Grob, H. P. Neukom (2005) Contribution of unburned lubricating oil and diesel fuel to particulate emission from passenger cars, p 10-20.
3. D. Fino, V. Specchia (2008) Open issues in oxidative catalysis for diesel particulate abatement. *Powder Electronics* p. 63-75.
4. C. Gorsmann (2005) Catalytic coatings for active and passive diesel particulate filter regeneration. *Monatshefte fur Chemie* 136, p. 91–105.
5. K. Yamamoto, S. Oohori, H. Yamashita, S. Daido (2009) Simulation on soot deposition and combustion in diesel particulate filter *Thermal Issues in Emerging Technologies, ThETA 2, Cairo, Egypt, Dec 17-20th 2008* p. 231-236.
6. S. Lebedevas, G. Lebedeva (2009) The problems of using alcohol biofuel mixtures in the lithuanian transport system, *Transport*, p. 58-65.
7. J. Matijošius, E. Sokolovskij: (2009) Research into the quality of fuels and their biocomponents *Transport*. Vilnius : Vol. 24, no. 3, p. 212-217.
8. M. Okubo, T. Miyashita, T. Kuroki, S. Miwa and T. Yamamoto (2009) Regeneration of diesel particulate filter using nonthermal plasma without catalyst *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 45, NO. 5*, p.1568-1574.
9. X. Xiaoguang, L. Chengbin, G. Xiyan (2000) Study on microwave regeneration system for diesel emission particulate filter, *2nd International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology Proceedings* p.1568-1574.

THE REGENERATION PROBLEMS OF DPF IN MODER CAR POWERED BY DIESEL ENGINE

Saugirdas Pukalskas¹, Jonas Matijošius², Vidas Žuraulis³, Vigilijus Sadauskas⁴

In order to meet Euro 5 environmental standards, many car manufacturers produces diesel cars with particulate filter, witch reduces the amount of soot in the exhaust gases. During vehicle maintenance the particulate filter fouls because of hard particle. This system is cleared automatically – through self-regeneration. Many automobile regeneration processes when extra portion of diesel are injected in engine cylinders at the end of combustion stroke. This diesel does not burn in cylinder, but falls into the exhaust system and the particulate filter, where it ignites and raises filters temperature. However, such a method used causes adverse effects – extra injected diesel, when the piston is near bottom dead point,

falls on the cylinder wall and part of fuel gets into the crankcase, attenuating motor oil. As a result, the oil characteristics deteriorates, decreases the range of exchange and, of course, rise costs of vehicle maintenance.

In this research was investigated the variation of motor oil quality of diesel vehicle Fiat Doblo with a particulate filter during maintenance. It was found that after regeneration the flashpoint of motor oil sharply reduces.

ПРОБЛЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ФИЛЬТРА ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В СОВРЕМЕННЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЯХ

С. Пукалскас¹, Й. Матийошюс², В. Жураулис³, В. Садаускас⁴

Многие производители пытаются соответствовать требованиям стандарта окружающей среды ЕВРО 5 для своих автомобилей их комплектируя с фильтрами твердых частиц, которые снижают уровень сажи в выхлопных газах. При эксплуатации автомобиля в фильтре происходит скопление твердых частиц, которыми он засоряется. Система очищается автоматически при саморегенерации фильтра. У многих автомобилей процес регенерации происходит только тогда, когда в конце тракта сжигания в цилиндры двигателя впрыскивается дополнительная порция дизельного топлива. Оно не сжигается в цилиндрах, а попадает в выхлопную систему и в фильтр твердых частиц, где повышается температура и сжигается сажа. Но использование токого метода приносит нежелательные последствия – дополнительная порция дизельного топлива, когда поршень находится недалеко от НТД поступает на стенки цилиндра и часть дизельного топлива попадает в картер двигателя розбавляя тем самым моторное масло. За счет этого, ухудшается эксплуатационные свойства моторного масла, снижается интервал замены моторного масла, тем самым увеличивается расходы на содержания автомобиля.

В статье исследуется параметры качества моторного масла во время эксплуатации дизельного автомобиля Fiat Doblo имеющего фильтр твердых частиц. Установлено что во время саморегенерации фильтра твердых частиц температура вспышки моторного масла уменьшается.