

Poprawa ekologicznych wskaźników pracy spalinowych silników tłokowych przez zastosowanie katalizatorów spalania

*V.V. Serdiuk, D.V. Serdiuk, L.A. Ashkinazi
International Academy of Applied Research,
Sankt-Petersburg, Rosja*

1. Wstęp

Zagadnienia ekologiczne w transporcie wodnym stają się coraz bardziej aktualne i ważne. Zaostrzone zostały wymagania stawiane gazom spalinowym okrętowych silników diesla w ramach konwencji MARPOL 73/78. Radykalnym rozwiązaniem w tej sytuacji może stać się zastosowanie katalizatorów spalania.

Katalizatorami spalania nazywamy substancje zmieniające proces spalania (utleniania) paliw. Zaliczane są one do osobnej samodzielnej klasy dodatków zmieniających nie tylko szybkość, ale i sam mechanizm spalania. Wprowadzenie ich do podstawowego paliwa pozwala uzyskać całkiem nowe paliwo o udoskonalonych właściwościach.

Celem zastosowania katalizatorów jest obniżenie energii aktywacji reakcji utleniania zachodzących w komorze spalania silnika spalinowego. Wynikiem obniżenia energii aktywacji jest możliwość prowadzenia procesu utleniania paliwa i zapewnienia zupełności jego spalania w niższej temperaturze. Obniżenie temperatury w komorze spalania powoduje zmniejszenie w niej maksymalnego ciśnienia i łagodzenie mechanicznej pracy silnika. Jednocześnie utrzymuje się wyższe ciśnienie podczas ruchu tłoka w dół, co zapewnia większą zupełność spalania, zmniejszenie emisji szkodliwych substancji ze spalinami i wzrost współczynnika sprawności [1].

Wiadomo, że im wyższa jest temperatura zapłonu paliwa, tym mniejsza jest szybkość jego spalania. Katalizatory spalania zwiększają prędkość spalania składników o wysokiej temperaturze wrzenia [2]. Przy innych jednakowych warunkach przyspieszające działanie katalizatora będzie tym większe, im wol-

niejszy jest niekatalizowany proces spalania. Zatem, maksymalny efekt katalizatorów osiąga się przy spalaniu węglowodorów o wysokiej temperaturze wrzenia [2], czyli właśnie w procesie dopalania paliw, bardzo ważnym w kwestiach sprawności i ekologiczności. Wraz ze wzrostem ciśnienia wpływ katalizatora na szybkość spalania maleje zgodnie z zasadą *Le Chatelier-Brauna*.

Katalizatory spalania stosuje się w stężeniach od 0,001 do 0,01%, co nie zmienia fizyko-chemicznych wartości bazowego paliwa, lecz zapewnia zmianę procesu jego spalania tak, że paliwo kwalifikuje się według innej klasy odpowiadającej spełnieniu norm emisji EURO-2, EURO-3, EURO-4, pod warunkiem, że silnik znajduje się w dobrym stanie technicznym.

Do klasy katalizatorów spalania zaliczane są organiczne związki metali pierwszej, drugiej oraz przejściowej grupy, stosowane w stężeniu roboczym rzędu kilku ppb (części na miliard), w przeliczeniu na zawartość metalu. Tak znikome stężenie katalizatorów spalania praktycznie nie wpływa na zanieczyszczenie komory spalania czy też świec zapłonowych. Artykuł podsumowuje obszerny cykl badań wpływu katalizatorów spalania na wskaźniki sprawności i ekologiczności spalania oleju napędowego przy zastosowaniu dodatku „0010” opracowanego przez Międzynarodową Akademię Badań Stosowanych.

2. Warunki i wyniki badań na stanowiskach badawczych

Przeprowadzono obszerny i rozmaity szereg badań zastosowania aktywnych dodatków na różnych silnikach i paliwach.

Badania przeprowadzone na stanowisku hamownianym wyposażonym w pomocniczy silnik okrętowy 1CzN 9,5/11 o mocy 5kW z liczbą obrotów wału korbowego równą 1500 min^{-1} . Silnik ma konstrukcję z komorą spalania w tłoku. Jako paliwo zastosowano olej napędowy marki L-0,2-40 według GOST 305-82. Analiza wyników badań odpowiadała wymaganiom GOST R 51249-99 „Silniki diesla okrętowe, lokomotywowe i przemysłowe. Emisja szkodliwych składników ze spalinami. Normy i metody określania” oraz GOST R 51250-99 „Silniki diesla okrętowe, lokomotywowe i przemysłowe. Dymność gazów spalinowych. Normy i metody określania”, które zgodne są ze standardem ISO 8178/1.

Wykonane badania dowodzą, że zastosowanie oleju napędowego z katalitycznym dodatkiem ekologicznym „0010” powoduje zmniejszenie zawartości w gazach spalinowych wszystkich produktów niepełnego spalania: CO o 13÷25%, węglowodorów o 8÷30% oraz dymności o 17÷52%. Zmiana zawartości tlenków azotu w spalinach przy zastosowaniu paliwa z dodatkiem znajduje się w przedziałach błędu pomiaru. Przy tym zmniejszenie zużycia paliwa wyniosło średnio 3,1%.

Badania na traktorowym silniku diesla D-46053. Zastosowano olej napędowy L-0,2-40 według GOST 305-82 i zgodnie z Przepisem Nr 49 Europejskiej Komisji Ekonomicznej ONZ (UNECE) „Ujednolicone przepisy w sprawie certyfikacji silników diesla i środków transportu wyposażonych w silniki diesla, ze względu na emitowane przez nie szkodliwe substancje gazów spalinowych”.

Pomiary wykonywano przy częstotliwości obrotów wału korbowego 1500 min^{-1} i ze wzrostem obciążenia silnika od biegu jałowego do maksymalnego obciążenia, a także przy zadanej częstotliwości obrotów wału korbowego 2000 min^{-1} z obniżeniem obciążenia od maksymalnego do biegu jałowego.

Badania wykazały, iż dodatek jest bardziej efektywny przy zwiększeniu mocy niż podczas jej zmniejszenia. Wyjaśnia się to przez skrócenie czasu procesu spalania paliwa wraz ze wzrostem liczby obrotów silnika. W porównaniu z pracą silnika na mniejszych obrotach większa część paliwa w takich warunkach spala się podczas suwu pracy. Jednak wyższy poziom emisji szkodliwych substancji obserwuje się przy częstotliwości 1500 min^{-1} , niż przy 2000 min^{-1} . Można wnioskować, iż z oddalaniem się charakterystyki silnika od tzw. charakterystyki zewnętrznej zachodzi mniej zupełne spalanie na skutek mniejszych wartości współczynnika nadmiaru powietrza λ i mechanicznego współczynnika sprawności [3].

Wyniki obróbki serii pomiarów według przepisu № 49 Europejskiej Komisji Ekonomicznej ONZ (UNECE) przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Emisja szkodliwych składników spalin [g/kW-h]

Table 1. Emissions of harmful substances with flue gases, g/kW-h

Szkodliwa substancja	Olej napędowy	Olej napędowy z 0,01% dodatku „0010”	Zmniejszenie zawartości szkodliwych substancji w gazach spalinowych [%]
Tlenek węgla	1,43	1,23	16,3
Węglowodory	0,49	0,47	4,2
Tlenek azotu	11,33	10,76	5,3

Przedstawione w tabelarycznej formie wyniki pomiarów pozwalają ocenić zgodność pracy silnika z wymaganiami EURO na zasadzie „odpowiadanie odpowiada” oraz świadczą o ogólnej efektywności działania dodatku, jednak dają za mało informacji, żeby można było ocenić wpływ dodatku na pracę silnika, a także wnioskować o mechanizmie jego działania.

W celu zweryfikowania zdefiniowanej powyżej hipotezy o wpływie dodatku na charakter spalania paliwa przeprowadzono **badania wpływu kompleksowego katalitycznego dodatku „0010” na roboczy proces silnika 2Cz-8,5/11 produkcji firmy „Dagdiesel” z wirową komorą spalania o nominalnej mocy 8,8 kW, zainstalowanym na stanowisku hamownianym, z liczbą obrotów 1500 min^{-1}** . Indykatorowe wskaźniki pracy silnika określano na końcu etapów pracy przy pomocy indykatorowo-komputerowego zespołu IVK-1 na bazie komputera IBM-486, z wykorzystaniem danych o ciśnieniu w cylindrze silnika i synchronicznego impulsu położenia wału korbowego.

Badania wykonano na towarowym paliwie L-0,2-40 według GOST 305-82, oraz na tymże paliwie z 0,01% ekologicznego dodatku „0010” przy obciążeniu silnika równym 75%.

Wyniki badań dowodzą, że stosowanie 0,01% kompleksowego katalitycznego dodatku „0010” w oleju napędowym powoduje obniżenie maksymalnego ciśnienia spalania P_z o 2,12%, kąt maksymalnego wzrostu ciśnienia φ_{\max} przesuwa się z $-0,5^\circ$ odnośnie górnego punktu martwego (GMP) na $1,5^\circ$ po GMP. Wynika to ze zmiany charakteru wzrostu ciśnienia.

Wprowadzenie dodatku „0010” powoduje zmniejszenie sprawności indykatorowej o 6,42%, natomiast sprawność mechaniczna zwiększa się o 7,18%, co kompensuje zmniejszenie sprawności indykatorowej. Efektywna sprawność jest o 0,35% wyższa niż podczas pracy na bazowym paliwie. Zużycie paliwa w danym trybie pracy silnika zmniejszyło się o 0,46%, co odpowiada najbardziej ekonomicznym parametrom jego pracy. Zwiększenie sprawności mechanicznej można wyjaśnić przez przedostanie się do komory spalania mniejszej ilości ściernych cząsteczek sadzy, ponieważ paliwo spala się w całości bez powstawania sadzy.

Również ustalono, że aparatura paliwowa jest dobrze przepłukiwana, a wtryskiwanie paliwa odbywa się w obliczeniowy, konstrukcyjny sposób (jak na nowym sprawnym wtryskiwaczu). Potwierdza się to przez zmianę zależności wzrostu ciśnienia – na wykresie powstaje wyraźne ekstremum. Dla silnika z wirową komorą spalania oznacza to, że paliwo ulega zapłonowi jeszcze przed tym, jak się skończy wtrysk [3]. Wtedy w przestrzeni podłokowej paliwo najpierw pali się ze wzrostem ciśnienia w kierunku kręcenia się wału korbowego, a potem z jego obniżeniem. W przeciwieństwie do tego na zwykłym oleju maksymalna szybkość wzrostu ciśnienia odpowiada początkowi spalania. Poza tym, czas spalania paliwa zmniejsza się, natomiast czas spalania połowy paliwa rośnie. Oznacza to, że paliwo na ogół pali się szybciej, chociaż szybkość spalania zmniejsza się w pierwszym etapie spalania, natomiast rośnie podczas etapu dopalania. Praca silnika staje się „łagodniejsza”, co obniża mechaniczne obciążenie części grupy cylindrowo-tłokowej i przyczynia się do zwiększenia ogólnej trwałości silnika [4÷7].

Ustalono, że w silniku pracującym na oleju z dodatkiem „0010” zmniejsza się zużycie części:

- roboczych tulei cylindrów o 70%,
- pierścieni tłoków 1,5÷3,0 razy.

Jednocześnie kontrolowano emisje spalin. Zawartość szkodliwych składników w gazach spalinowych określano na końcu etapu podczas pracy na paliwie bazowym czy też na paliwie z dodatkiem „0010” przy pomocy analizatora spalin GATU.

W wyniku analizy pomiarów ustalono, że przy pracy silnika diesla na paliwie z dodatkiem „0010” obniża się:

- zawartość w gazach spalinowych:
 - tlenku węgla o 30%;
 - tlenków azotu o 25%;
 - niedopalonych węglowodorów o 100%;
- jednostkowe efektywne zużycie paliwa o 5%.

Otrzymane wyniki zmniejszenia emisji szkodliwych składników dobrze korelują z wynikami testów według GOST i przepisów Europejskiej Komisji Ekonomicznej ONZ (UNECE).

Uzyskane podczas analizy diagramów indykatorowych wnioski o samooczyszczaniu wtryskiwaczy potwierdzono w trakcie badań **na jednocylindrowej sekcji silnika KAMAZ -740** według metodyki [8]. Podczas badań stwierdzono, iż wykorzystanie oleju napędowego z dodatkiem „0010” w stężeniu 0,01% powoduje zmniejszenie koksowania wtryskiwaczy o około 20% i zmniejszenie dymności gazów spalinowych średnio o 10%.

Wykonano również **badania na silniku D-442-24I produkcji Altajskiego zakładu motorowego**. Jest to silnik z zapłonem samoczynnym czterosurowy, czterocylindrowy, z dwoma poziomami mocy, zainstalowany na stanowisku hamownianym typu DS-1036-4N. Moc silnika na 1 poziomie – 115,3 kW (156,8 KM), na 2 poziomie – 98,5 kW (134,4 KM). Nominalna liczba obrotów wynosi 1750 min⁻¹.

Odbiór próbek do pomiaru zawartości szkodliwych składników i dymności wykonywano przez sondy zainstalowane na pomiarowym odcinku przewodu gazów spalinowych. Pomiar stężenia toksycznych składników spalin wykonywano według 13-stopniowego cyklu zgodnie z GOST 17.2.2.05-97 „Przepisy i metody określania emisji szkodliwych substancji ze spalinami diesli traktorów i maszyn rolniczych”.

Badania odbywały się zgodnie z GOST 18509. Pomiar dymności wykonywano według 6-stopniowego cyklu zgodnie z GOST 17.2.2.02-98 „Przepisy i metody pomiaru dymności gazów spalinowych diesli traktorów i maszyn rolniczych”.

Obróbkę danych pomiarów wykonywano zgodnie z rozdziałem 6 GOST 18509-88, rozdziałem 9 GOST 17.2.2.05-97 i rozdziałem 9 GOST 17.2.2.02-98. Należy zwrócić uwagę, że przy pracy silnika na paliwie L-0,2-62 z dodatkiem „0010” obniża się indykatorowy współczynnik sprawności w porównaniu z pracą na czystym paliwie, natomiast efektywny współczynnik sprawności pozostaje niezmienny. Świadczy to o wzroście mechanicznego współczynnika sprawności i dobrze koreluje z wynikami poprzednich badań [9, 10].

Wprowadzenie dodatku „0010” do oleju napędowego L-0,2-62 powoduje zmniejszenie jednostkowej emisji tlenu węgla o 13,1%, węglowodorów o 3,4%, natomiast słabo wpływa na emisję tlenków azotu. Dymność gazów spalinowych silnika diesla D-442-24I zmniejsza się o 8,9÷23,7%.

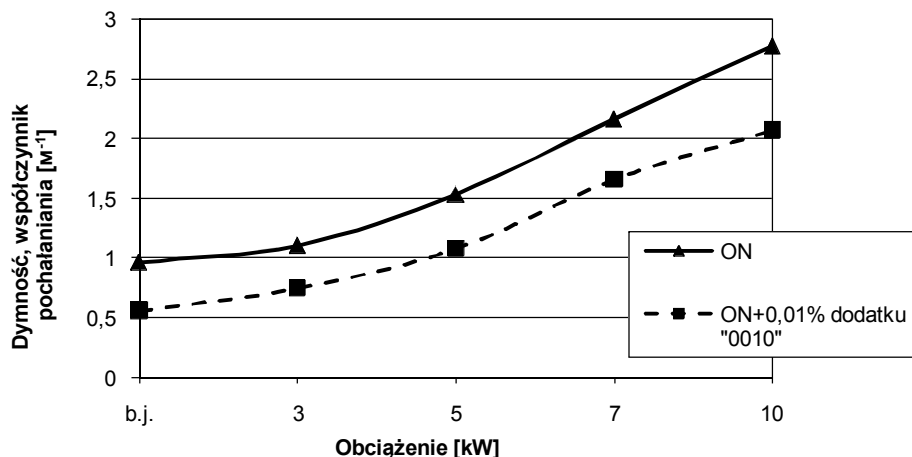
Badania oleju napędowego marki DL na silniku z zapłonem samoczynnym 4Cz 8,5/11. Toksyczność spalin silników diesla w znacznej mierze zależy od charakteru przebiegu procesów zmieszania i spalania paliwa w cylindrach. W celu uzyskania pełnej informacji o jakościowym i ilościowym wpływie składu paliwa i dodatków do niego na charakter procesów roboczego cyklu silnika zbadano jego pracę przy niezmiennym zawartości dodatku „0010” równej 0,01%, na różnych obciążeniach z przedziału: bieg jałowy (b.j.), 3, 5, 7, 10 kW lub na jednym z nich (najczęściej 7 kW), przy ustalonej liczbie obrotów wału korbowego $n=1500 \text{ min}^{-1}$.

Analiz diagramów indykatorowych świadczy, że wprowadzenie dodatku powoduje przemieszczenie diagramu „w prawo” i „w dół”. Ze wzrostem obciążenia silnika efektywność działania dodatku nie zmienia się w całym zakresie mocy (rysunek 1) [9].

Pomiar toksyczności gazów spalinowych wykonywano przy pomocy analizatora spalin „OPTOGAZ-1” z indykacją cyfrową, natomiast pomiar dymności gazów – miernikiem dymności KID-2.

Analiza danych pomiarów świadczy, że zastosowania dodatku „0010”, w zależności od obciążenia, dała następujące wyniki:

- zmniejszenie zużycia paliwa – do 7,5%,
- wzrost sprawności – do 6,2%,
- poprawę ekologicznych parametrów gazów spalinowych:
 - zmniejszenie emisji tlenu węgla do 25,8%,
 - zmniejszenie emisji węglowodorów do 34%,
 - zmniejszenie dymności do 60,5% (rysunek 1).



Rys. 1. Wpływ dodatku katalitycznego na dymność gazów spalinowych
Fig. 1. Influence of catalytic addition on exhaust smoke opacity

Badania paliwa z dodatkiem „0010” na silniku z zapłonem samoczynnym 222D (6CzN 21/21) produkcji zakładu „Wolźski Diesel” wykazały, że w zależności od obciążenia silnika zawartość tlenków azotu w spalinach zmniejsza się o 8÷14%, natomiast dymność o 8÷38%. Jednostkowe zużycie paliwa obniża się o 0,9÷5%.

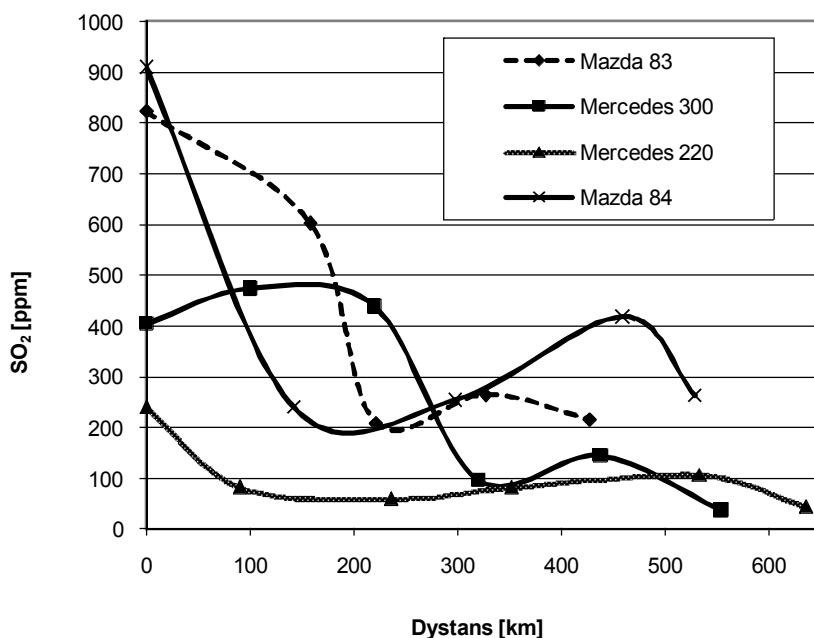
Badania stanowiskowe paliwa L-02-62 z dodatkiem „0010” na silniku z zapłonem samoczynnym M787GM (12CzN18/20) produkcji zakładu „Zwезда” wykazały średnie obniżenie dymności spalin o 5,7%, natomiast zawartość tlenku węgla zmniejszyła się o 4%.

W Centralnym Naukowo-badawczym Instytucie Floty Morskiej (CNIIMF) przeprowadzono stanowiskowe badania pracy silnika z zapłonem samoczynnym 3DNL 170/600 HF firmy „Bolnes” w celu ustanowienia efektywności zastosowania dodatku katalitycznego „0010” ze względu na zmniejszenie toksyczności gazów spalinowych. Silnik diesla 3DNL 170/600 HF dwusuwowy, wodzikowy, z przelotowo-zaworowym przedmuchiowaniem i mieszanym systemem nadmuchu. Badania wykazały, iż zastosowanie dodatku powoduje zmniejszenie zużycia paliwa o 1,6% i zmniejszenie emisji: tlenku węgla – o 12%, tlenków azotu – o 9%, dymności spalin – o 30%.

3. Warunki i wyniki badań eksploatacyjnych

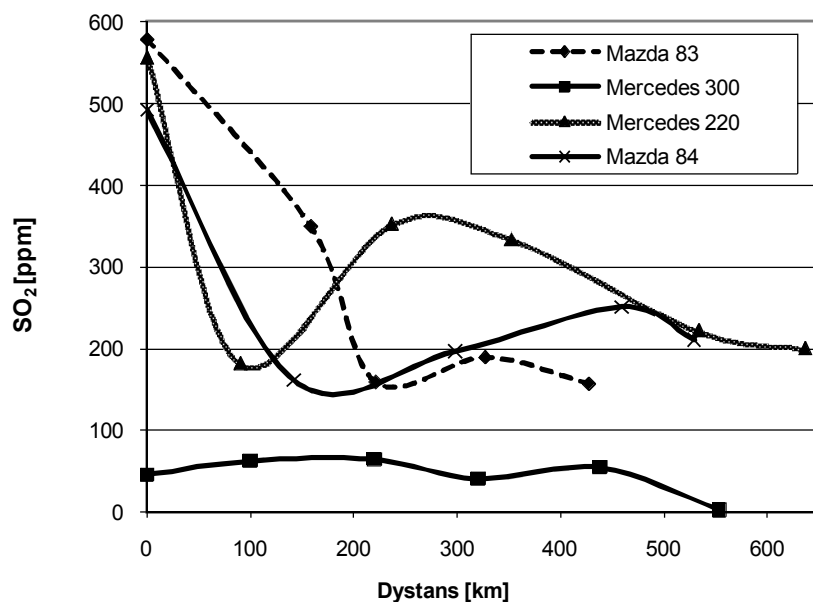
Szczególnie ważne są wyniki badań przeprowadzonych w styczniu 2007 r. w Damaszku podczas eksploatacyjnych testów samochodów z silnikami benzynowymi pracującymi na syryjskim paliwie. Cechami tego paliwa są: duża zawartość siarki (do 1000 mg/kg) i ołowiu (do 13 mg/dm³) oraz wysoka temperatura parowania benzyny. Samochody były testowane na terenie zabudowanym miasta Damaszek w zwykłym trybie eksploatacyjnym.

Przed rozpoczęciem testów na ogrzanych silnikach wykonano pomiary zawartości szkodliwych składników spalin na biegu jałowym przy minimalnych i maksymalnych obrotach silnika. Zmianę zawartości tlenków węgla, azotu, siarki oraz węglowodorów określano przy pomocy analizatora spalin Infracal EL-A firmy Saxon (Niemcy). Badania wykazały, że w zależności od marki samochodu i technicznego stanu silnika zastosowanie katalizatorów spalania powoduje obniżenie zawartości szkodliwych składników spalin: tlenku węgla – o 29÷76%, węglowodorów – o 26÷70% i tlenków azotu – o 26÷82%. Przykład obróbki danych testów dla dwutlenku siarki podano na rysunku 2 i 3.



Rys. 2. Zmiana emisji SO₂ w trakcie badań eksploatacyjnych na minimalnych obrotach biegu jałowego z zastosowaniem dodatku katalitycznego

Fig. 2. Change of SO₂ emission during operational tests for the minimal engine speed of idling with catalytic addition application



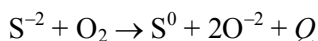
Rys. 3. Zmiana emisji SO₂ w trakcie badań eksploatacyjnych na maksymalnych obrotach biegu jałowego z zastosowaniem dodatku katalitycznego

Fig. 3. Change SO₂ emission during operational tests for the maximum engine speed of idling with catalytic addition application

Na wszystkich samochodach przy obu obciążeniach biegu jałowego obserwuje się stabilne i znaczne obniżenie zawartości SO₂ w spalinach. Najmniej efektywny katalizator spalania zadziałał na silniku samochodu Mazda B-Series (Nr 84), ale i w tym przypadku zmniejszenie emisji SO₂ wyniosło do 70% na minimalnych obrotach i do 60% na maksymalnych obrotach biegu jałowego. Największy efekt zastosowania katalizatora odnotowano na silniku Mercedes 300, gdzie maksymalne zmniejszenie emisji dwutlenku siarki wyniosło ponad 90%.

Zawarte w paliwie związki siarki w postaci organicznych merkaptanów, siarczków i dwusiarczków (w tym w składzie związków hetero-cyklicznych) dość łatwo ulegają rozpadowi wzdłuż łańcucha S–O (energia 83 kcal/mol), S–C (energia 65 kcal/mol) i S–H (energia 54 kcal/mol) [12÷13], po czym reagują z tlenem, utleniając się. Ten właśnie proces katalizowany jest dodatkiem katalitycznym.

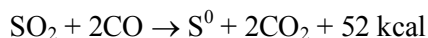
Na wszystkich samochodach zainstalowano sondę lambda utrzymującą stechiometryczny stosunek tlen-paliwo. Przy niedostatku tlenu, siarka siarczynowa spala się nie do SO₂, a do siarki pierwiastkowej według równania [14÷15]:



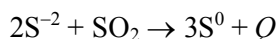
gdzie:

Q – efekt cieplny.

Poza tym wiadomo, że pod wpływem specjalnych katalizatorów w temperaturze powyżej 500°C dwutlenek siarki może wstępować w reakcje z tlenkiem węgla [15]:



W obecności śladów wody, która zawsze występuje w spalinach możliwy jest proces utleniająco-redukcyjny [16]:



Te wszystkie reakcje prowadzą do powstawania pierwiastkowej siarki unoszonej wraz ze spalinami. Dwutlenek siarki jest bardzo szkodliwym związkiem chemicznym zanieczyszczającym powietrze miast przemysłowych; przy stężeniu 0,03÷0,05 mg/dm³ powoduje podrażnienie oczu, gardła oraz choroby dróg oddechowych. Natomiast powstała siarka pierwiastkowa jest jednym z najstarszych środków zwalczania szkodników i chorób roślin w rolnictwie.

Przepis Nr 5 Załącznika VI do Konwencji MARPOL 73/78 oraz Dyrektywa UE 2005/30/WE wprowadzają bardziej zaostrzone ograniczenia zawartości siarki w paliwie (nie więcej niż 1,5%, a od roku 2010 nie więcej niż 0,1%). Jednocześnie wymagania Konwencji MARPOL 73/78 i artykułu 4c Dyrektywy UE 2005/30/WE dają prawo państwom – członkom UE wydawać zezwolenia na zastosowanie procesów technologicznych skierowanych na obniżenie poziomu emisji tlenków siarki, jako alternatywę w stosunku do zastosowania paliwa o niższej zawartości siarki. Zatem zastosowanie ekologicznego katalitycznego dodatku „0010” do paliw o wysokiej zawartości siarki pozwoli na przestrzeganie przepisów dopuszczalnej emisji tlenków siarki ze spalinami silników okrętowych.

W celu porównania naszych wyników w tabeli 2 zestawiono wyniki badań zastosowania dodatku „010” wykonywane przez różne zespoły badawcze.

Tabela 2. Zestawienie wyników zastosowania katalitycznego dodatku „0010”
Table 2. List of applications of catalytic addition „0010”

Obiekt badań i instytucja	Efekt zastosowania dodatku
Silnik diesla 2Cz 10,5/12 SPbGAU, Puszkina	Całkowite znikanie nagarów z części grupy cylindrowo-tłokowej (GCT)
Silnik diesla 2Cz8,5/11 Akademia Marynarki Wojennej, Sankt-Petersburg	Zmniejszenie emisji węglowodorów o 35÷40%, NO _x o 30÷35%. Zmniejszenie zużycia GCT o 70%. Oczyszczanie komór spalania
Silnik diesla G-66, G-72 Jakutenergo, Jakutek	Zmniejszenie jednostkowego zużycia paliwa o 2÷4 g/KM·h
Silnik diesla KAMAZ 5511 „Ruski Diesel”, Sankt-Petersburg	Zmniejszenie emisji CO, węglowodorów i NO _x ze spalinami 3 razy
Silnik diesla KAMAZ-740, Wojskowa Akademia Transportu, Sankt-Petersburg	Zmniejszenie dymności o 62÷100%, zużycia paliwa o 6,25%, emisji NO _x do 22%
Silnik diesla 8Cя 9,5/10 VITU, Sankt-Petersburg	Zmniejszenie dymności do 60%, węglowodorów do 66%, NO _x do 60%
Autobusy „Ikarus-250” z silnikiem diesla RABA- MAN MZK, Sankt-Petersburg	Zmniejszenie dymności do 90%, CO do 85%, węglowodorów do 66%, zużycia paliwa do 6%, NO _x do 30%. Oczyszczanie komór spalania
Silnik diesla ЧН 9,5/11 CNIDI, Sankt-Petersburg	Zmniejszenie: zużycia paliwa średnio o 3,1%, emisji CO o 13÷25%, węglowodorów o 8÷30%, dymności o 17÷52%
Stanowisko NAMI-2DK NAMI-HIM, Moskwa	Zmniejszenie zużycia paliwa i dymności średnio 10%. Właściwości płuczące – 20%

4. Uwagi końcowe

Wyniki przeprowadzonych badań dowodzą, że zastosowanie katalizatorów spalania ma cały szereg pozytywnych działań na zupełność spalania paliwa niezależnie od jego rodzaju, składu, sposobu wytwarzania mieszaniny paliwo-powietrznej i organizacji procesu spalania. Innymi słowy zastosowanie ekologicznych katalitycznych dodatków do paliw okrętowych automatycznie zapewnia zmniejszenie emisji szkodliwych składników gazów spalinowych niezależnie od składu paliwa i konstrukcji silnika.

Oficjalny dealer firmy „Cummins” (USA) w Rosji firma „NG-Energo” zaleca stosowanie ekologicznego katalitycznego dodatku do oleju napędowego „0010” w silnikach diesla i diesel-generatorach firmy „Cummins”.

Wojskowy Uniwersytet Inżynieryjno-techniczny (Sankt-Petersburg) zaleca stosowanie ekologicznego katalitycznego dodatku do oleju napędowego

„0010” w urządzeniach kogeneracyjnych na bazie silników diesla oraz w celu poprawy pracy reaktorów cieczowych w neutralizatorach spalin silników z zapłonem samoczynnym.

Firma „Split-RVS” produkuje serwisowe oleje napędowe z ekologicznym katalitycznym dodatkiem „0010”, które wykorzystywane są do bezdemontażowego oczyszczania okrętowych silników z zapłonem samoczynnym na okrętach floty morskiej. Natomiast firma „Ruspromremont” wykorzystuje dodatki „0010” i „0011” do bezdemontażowego oczyszczania okrętowych silników spalinowych przed ich obróbką środkami do zwiększenia trwałości.

Wyniki wykonanych badań pozwalają z pewnością rekomendować katalizatory spalania do zastosowania ich w paliwach środków transportu wodnego, zwłaszcza eksploatowanych w obrębie terenu zabudowanego.

Literatura

1. **Skobelev V.N., Melnikov V.A., Agafonov D.Ju., Serdiuk D.V., Ashkinazi L.A.** *Opracowanie i wdrażanie ekologicznych dodatków do paliw*. Materiały II Międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej „Nowe paliwa z dodatkami”. Akademia Badań Stosowanych. Sankt-Petersburg 2002. □s.300÷309.
2. **Shadlovskiy A.A.** *Podstawy pirotechniki*. Mashinostroenie. Moskwa 1973. s.320.
3. *Silniki spalinowe*. Teoria roboczych procesów silników tłokowych i kombinowanych. Wydanie 3. Zespół autorów. Mashinostroenie. Moskwa 1971.
4. **Kiuregian S.K.** *Emisyjna spektralna analiza substancji ropopochodnych*. Chemia. Moskwa 1969.
5. **Chankin V.V.** *Spektralna analiza olejów w silnikach transportowych oraz metody kontroli ich stanu bez demontażu*. Transport. Moskwa 1967.
6. *Diagnostyka techniczna okrętowych silników spalinowych*. Akademia Marynarki wojennej. St.-Petersburg 1997.
7. **Matveevskiy R.M., Lahshi V.L., Buyanovskiy A.I., Fuks I.G., Badyshtova K.M.** *Materiały do smarowania. Właściwości antyfrukcyjne i zmniejszające zużycie. Metody badań*. Poradnik. Mashinostroenie. Moskwa 1989.
8. *Metoda oceny skłonności olejów napędowych z dodatkami do koksowania rozpryskiwaczy na stanowisku NAMI-2DK*. NAMI. Moskwa 1985.
9. **Serdiuk V.V. i inni.** *Poprawa ekologicznych właściwości paliw*. Materiały II Międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej „Nowe paliwa z dodatkami”. Akademia Badań Stosowanych. Sankt-Petersburg 2000, s.116÷124.
10. **Dybok V.B. i inni.** *Badania pracy silników*. Paliwa i smary, 2000, Nr 1.
11. **Bashkatowa S.T.** *Dodatki do olejów napędowych*. Chemia. Moskwa 1994.
12. *Ogólna chemia organiczna*. Pod. red.: N.K.Kochetkov i E.Je.Nifantjev. Chemia. Moskwa, 1983, Tom 5.
13. **Matje J., Paniko R.** *Kurs podstaw teoretycznych chemii organicznej*. Mir. Moskwa 1975.
14. *Chemia*. Poradnik. Chemia. Leningrad 1972.

Improvement of Ecological Parameters of Diesel Engines Work by Application of Catalysts

Abstract

Objectives of the presented research are:

- improvement of the environmental parameters of engines through decrease of detrimental substances concentration in exhaust, which occurs due to more complete combustion of fuel;
- removal of carbon deposit from combustion chambers, injection jets and exhaust path;
- preservation of the exhaust chamber design parameters and of the design condition for the fuel combustion;
- stabilization of the engine operation under any load;
- decrease of the engine cylinder-piston group parts deterioration by 70%;
- decrease of fuel consumption amounting to 6%, 5÷7% increase of efficiency factor;
- reduction of thermal and mechanical stresses and of deterioration rate of the cylinder-piston-group and crank-mechanism-group parts;
- extension of the engine maintenance and repair cycle length accompanied by corresponding labour and cost reductions.

Application area: trucks, public transport, passenger cars, rail-road diesel installations, river and ship power installations, self-contained diesel installations, quarry transport.

Concentration of the additive is 0.01% volume, i.e. 100 ml per 1000 liters of fuel, neither physical nor chemical properties of fuel are changed. Additive "0010" decreases the harmful substances concentration in exhaust, as compared to the untreated fuel, by (percent):

Smoke	up to 90
Nitrogene oxides	12÷50
Carbon oxide	20÷85
Hydrocarbons	15÷65
Benz(a)pyrene	25÷40
Aldehydes	15÷60
Sulphur oxides	up to 60
Aerosol	up to 20
Oil mist	up to 20

The State Committee of Russian Federation for Standardization issued the necessary permissions and certificates of approval for diesel fuels "DF EURO", technical specifications TY 0251-002-46978376-99.

