

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ/TECHNOSPHERE SAFETY OF
TRANSPORT SYSTEMS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.9>

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДИЗЕЛЬНОГО САЖЕВОГО ФИЛЬТРА В РЕЖИМЕ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Научная статья

Ахмадиев Г.М.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-0167-1055;

¹ Набережночелнинский институт Казанского федерального университета, Набережные Челны, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (ahmadievgm[at]mail.ru)

Аннотация

Для экологического мониторинга и технического контроля и надзора используют динамометрический стенд предназначенных для дизельных двигателей внутреннего сгорания. Стенд, моделирующий техническое устройство, характеризующее технологическое состояние, содержащий компактный мини дизельный двигатель внутреннего сгорания, работающий на бедной смеси и имеет техническое средство управления за работой двигателя и известную выхлопную систему для очистки выхлопного газа двигателя. Причем выхлопная система включает в себя предложенный первый катализатор окисления, расположенный на первой монолитной подложке с сотовой структурой и включает платину, нанесенную на носитель на основе первого оксида металла. Устройство включает по меньшей мере один раз способный восстанавливать оксид, при этом первый катализатор окисления, влияющий на состояние сажевого фильтра дизельного двигателя внутреннего сгорания, технологически свободен от щелочных металлов и щелочноземельных металлов.

Ключевые слова: экологический мониторинг, катализатор, сажевый фильтр, режим восстановления, дизельный двигатель.

ENVIRONMENTAL MONITORING OF DIESEL PARTICULATE FILTER IN RECOVERY MODE

Research article

Akhmadiev G.M.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-0167-1055;

¹ Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russian Federation

* Corresponding author (ahmadievgm[at]mail.ru)

Abstract

For environmental monitoring and technical control and supervision, a dynamometer is used for internal combustion diesel engines. The bench, modelling a technical device characterizing a technological state, containing a compact mini diesel internal combustion engine operating on a lean mixture and has a technical means for controlling the operation of the engine and a known exhaust system for cleaning the exhaust gas of the engine. And the exhaust system includes a proposed first oxidation catalyst disposed on a first bulk honeycomb structured substrate and includes platinum deposited on a first metal oxide based carrier. The device includes at least one reducing oxide, wherein the first oxidation catalyst affecting a particulate filter condition of an internal combustion diesel engine technological is free of alkali metals and alkaline earth metals.

Keywords: environmental monitoring, catalyst, particulate filter, recovery mode, diesel engine.

Введение

В настоящее время существует множество методов контроля выбросов ТЧ дизельными двигателями, таких как тип двигателя [10], система последующей обработки [11], рабочая точка [12] и тип топлива и масла [13]. Среди них DPF является наиболее представительным техническим методом. Основываясь на механизме осаждения частиц в DPF, DPF могут восстанавливать более 90% частиц дизельного топлива (включая сажу, растворимое органическое вещество (SOF), сульфат и золу) [14].

Разработка эффективных технологических элементов для внедрения модифицированного DPF (сажевого фильтра) с целью очистки отработанных газов (ОГ) от токсичных частиц является частью инновационного проектирования. Система очистки ОГ представляет сложную многоэтапную задачу для предотвращения эмиссии техногенных и химических веществ входящих в состав отходящих приоритетных, отработанных газов дизельного двигателя. Для сажевого фильтра предлагаемый катализатор окисления, в работающем дизельном двигателе на низком динамическом типовом режиме с бедной смесью, практически является важным и оперативным, необходимым технологическим решением. Технологическое решение направлено на прогнозируемое ускоренное восстановление каталитической окислительной активности. Ожидаемое происходящее явление на предшествующем этапе за потерей активности сажевого фильтра, связаны с образуемыми выхлопными газами дизельного двигателя. В сажевом фильтре катализатор окисления подложки пристенного происхождения имеет важное прикладное техническое и технологическое значение. Катализатор окисления подложки часто находит практическое применение для очистки выхлопных газов дизельных двигателей внутреннего сгорания автомобильного транспорта [1].

Областью и объектом исследований является техническая и технологическая система сажевого фильтра для обработки отработавших газов в дизельном двигателе грузового автотранспорта марки «КАМАЗ».

Предметом исследований – негативные факторы отработавших газов грузового автотранспорта марки «КАМАЗ, в составе которых могут присутствовать вредные и опасные химические и техногенные вещества.

Гипотеза исследований – методологически правильно выбранный катализатор и прогнозируемый алгоритм режима восстановления с помощью катализатора пристроенной пристенной подложки дизельного сажевого фильтра имеют прямую зависимость с техносферной и экологической безопасностью окружающей среды и жизнедеятельностью живых организмов в системе «биотехносфера-человек-машина».

Проблема исследований – методологически неправильно выбранные способы обработки отработавших газов автотранспорта с дизельным двигателем не меньшей степени представляют потенциальную угрозу с вероятностью возникновения опасной не ожидаемой ситуации техногенного характера представляющая опасность для окружающей среды и обитающих живых организмов на урбанизированной городской и сельской экосистеме.

Концепция исследования – неизвестные обработки отработавших газов автотранспорта с дизельным двигателем, включающие вредные и опасные химические и техногенные вещества способны эмиссию в биотехносферной среде и оказывать повреждающее и губительное действие как на окружающую среду, как на самого человека, рядом с ним обитающими живыми организмами.

Целью настоящей работы является определение роли катализатора окисления пристроенного в пристенной подложке сажевого фильтра дизельного двигателя находящегося в режиме технологического восстановления автомобильного транспорта. Техническое решение поставленной цели направлено на установление экологически технологического режима, технологического восстановления работы катализатора окисления сажевого фильтра. Катализатор окисления, находящегося на сажевом фильтре, в ходе окисления сталкивается с присутствующими вредными компонентами, включая различных неоднородных отработанных выхлопных газов дизельного двигателя. В дальнейшем техническое решение должно соответствовать экологическим стандартам по приоритетным загрязняющим выбросам. Санитарно-технические нормы направлены на нормирование соответствия автомобилей требованиям Евро 5-7.

Разработка режима восстановления касается для катализатора сажевого фильтра, непосредственно относящего для дизельного двигателя. Экологический мониторинг сажевого фильтра дизельного двигателя происходит в режиме восстановления и связаны физическими, химическими и физико-химическими процессами. Происходящие физические, химические процессы и реакции в сажевом фильтре дизельного двигателя внутреннего сгорания включают фазу окисления монооксида углерода до диоксида углерода, окисление газофазных углеводородов (полученных из несгоревшего топлива) до монооксида углерода и воды (H₂O). Протекающие процессы касаются относительно для образуемых выхлопных газов дизельного двигателя и приводят к дальнейшему окислению жидкой растворимой органической фракции (SOF) и присутствующих дизельных дисперсных частиц, которые образуются из несгоревшего топлива и смазочных материалов [6], [7].

Основные результаты и обсуждение

Известно, что традиционный дизельный катализатор сажевого фильтра окисления предназначен для максимального удаления твердых частиц и повышения эффективности, целевого использования сажевого фильтра в дизельном двигателе. Конечной технологической целью является очистка выхлопных газов удаляемых из автомобиля в природно-технологической среде (биотехносфере). Катализатор окисления пристенной подложки дизельного сажевого фильтра, в данном конкретном случае включает благородный металл встречающийся в биотехносфере, таким, которым является платина или смесь платины и палладия, нанесенный на инертный тугоплавкий оксид металла, на высокую площадь поверхности стабилизированного оксида алюминия. В представленной технологической схеме применения катализатора дизельного двигателя платина является особенно активной в техническом отношении, среди благородных значимых металлов и для повторного промотирования реакций окисления после продолжительного воздействия выработанных высокотемпературных выхлопных газов. Регенерация сажевого фильтра с катализатором способна поглотить вредных факторов дизельного двигателя внутреннего сгорания, работающего на бедной смеси. Катализатор сажевого фильтра находящегося в позиции «близкого расположения» дизельного двигателя, начиная с момента воспламенения т.е. от сжатия, платина может обеспечить активное окисление являясь функционально необходимым элементом. Известные катализаторы, являющимися и поглотителями NO_x (NACs) указанные в патенте США No5473887 предназначены для поглощения оксидов азота (NO_x) из бедного выхлопного газа (лямбда >1) и для десорбции NO_x, когда концентрация кислорода в выхлопном газе выделяющихся дизельного двигателя закономерно уменьшается [2]. Патент США No5627124 описывает катализатор сажевого фильтра (DOC) дизельного двигателя, включающий относительно низкое содержание (≤ 2 г/фут³) платины, нанесенной на стабилизированный участок с оксидом алюминия и оксидом церия приблизительно в равных пропорциях. Оксид алюминия и оксид церия могут быть смешаны в экологических и технологических целях и для обеспечения химической совместимости, значимых толерантных свойств, в предложенной конструктивно-функциональной системе катализатора сажевого фильтра, вместе с образованием одного поверхностного слоя, или в сложном виде и форме двух отдельных слоев из пористого оксида [3], [4]. Обращает на себе внимание такая закономерность, что в сажевом фильтре дизельного двигателя при контакте катализатором окисления, включающего платину, проявляется уникальное свойство, т.е. способность восстанавливать оксиды. Восстановление оксидов происходит в катализаторе пристенной подложки сажевого фильтра на основе физико-химических явлений, направленных на стимуляцию химической окислительной активности, ранее приводящее к ухудшению, присутствующая платина стала окисленной при повышенных температурах работы двигателя [5]. Технично-технологический комплект транспортной системы включает средство управления за работой двигателя и выхлопную систему для очистки выхлопного газа двигателя. Причем выхлопная система транспорта включает в себя первый катализатор окисления, расположенный на первой монолитной подложке с сотовой структурой и совмещенную платину, нанесенную на информационный носитель на основе первого оксида металла. Известно, что первый катализатор окисления пристенной подложки сажевого фильтра периодический свободен от

щелочных металлов и щелочноземельных металлов. Первая монолитная подложка снабженная с сотовой структурой и имеет проточную конструктивную структурно-функциональную конфигурацию. Конструктивная структурно-функциональная конфигурация имеет множество каналов, они расположены параллельно от открытого входного до открытого выходного конца. Средство управления дизельного двигателя периодически осуществляет модулирование лямбда-композиции выхлопного газа. В устройстве имеется контактирующий технологический элемент с первым катализатором окисления, для обогащения лямбда-композиции. В сажевом фильтре первую монолитную подложку с сотовой структурой располагают выше по потоку от монолитной подложки, который включает катализатор окисления для селективного восстановления с помощью оксидов азота. Разработанный уникальный способ восстановления сажевого фильтра предназначен для постоянного функционирования катализатора окисления, с учетом активности первого элемента пристенной подложки. Предложенный конструктивный тип сажевого фильтра (DPF) направлен на оптимизацию формы ячейки и пористости клеточной стенки для минимизации противодействия на двигатель, увеличения интервалов обслуживания фильтра и содействия покрытию катализатора.

В работе [8], [10], [12], [13], [14] проанализирована структура и факторы работы DPF с помощью ортогонального экспериментального метода. Сделан вывод о том, что толщина стенки и пористость являются двумя важнейшими факторами, влияющими на закупорку, что выдвигает научную перспективную основу для улучшения структуры сажевого фильтра (DPF). Предложенные катализаторы подложки пристенного сажевого фильтра дизельного двигателя протестированы Европейским циклом по выбросам MVEG-B, и содержание CO в выхлопном газе, как на выходе из двигателя, так и ниже по потоку от катализатора сажевого фильтра. Предложенный технологический надзор и экологический контроль осуществляется с применением динамометрического стенда предназначенного для дизельных двигателей внутреннего сгорания.

Заключение

Таким образом, экологический мониторинг направлен на снижение эмиссии вредных веществ в составе отходящих газов дизельного двигателя. Алгоритм режима восстановления сажевого фильтра с помощью катализатора окисления пристенной подложки дизельного двигателя имеет прямую зависимость с безопасностью окружающей среды и жизнедеятельностью живых организмов в системе «биотехносфера-человек-машина». Разработанный режим восстановления катализатором окисления пристенной подложки сажевого фильтра дизельного двигателя внутреннего сгорания связан с первой монолитной подложкой и сотовой структурой функциональной конструкцией фильтра. Структурно-функциональная система сажевого фильтра имеет проточную конфигурацию для прохождения CO и множество каналов для прохождения параллельно от открытого входного конца до открытого выходного конца предложенного технического устройства. Экологический мониторинг сажевого фильтра дизельного двигателя предназначен для контроля восстановления работы катализатора окисления пристенной подложки.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Радмахер О.У. Системные решения БОШ по сокращению выбросов CO₂ и других компонентов / О.У. Радмахер, Й. Вагнер, Б. Менхер [и др.] // Журнал Автомобильных Инженеров. — 2011. — № 4 (69). — С. 42-49
2. Exhaust purification device of internal combustion engine. — URL: <https://patents.google.com/patent/US5473887A/en> (accessed: 17.12.2023)
3. Ceria-alumina oxidation catalyst. — URL: <https://patents.google.com/patent/US5627124A/en> (accessed: 17.12.2023)
4. Golunski S.E. Origins of low-temperature three-way activity in Pt/CeO₂ _ Applied Catalysis / S.E. Golunski // Environmental. — 1995. — № 5. — P. 367-376.
5. Производные пиридина и гербицидное средство на их основе. — URL: <https://patents.google.com/patent/RU2304141C2/ru> (дата обращения: 17.12.2023)
6. Способ снижения эмиссии оксидов азота пох с отработавшими газами дизелей. — URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2775890C1_20220711 (дата обращения: 17.12.2023)
7. Способ снижения вредных выбросов с отработавшими газами тепловых двигателей транспортных средств, эксплуатируемых в условиях ограниченных объемов. — URL: <https://patents.google.com/patent/RU2321759C2/ru> (дата обращения: 17.12.2023)
8. Фанг Дж. Влияние рабочих параметров на характеристики регенерации и характеристики выброса твердых частиц дизельными сажевыми фильтрами / Дж. Фанг, З. Мэн, Дж. Ли [и др.] // Appl. Therm. Eng. — 2019. — Т. 148. — С. 860-867.
9. Чжан Б. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на снижение производительности сажевого фильтра дизельного топлива на основе композитной регенерации / Б. Чжан, Дж. Е, Дж. Гонг [и др.] // Appl. Therm. Eng. — 2017. — Т. 121. — С. 838-852.
10. Лю Х. Термодинамический анализ терморегенеративного цикла в пористой среде двигателя / Х. Лю, М. Се, Д. Ву // Energy Convers. Manag. — 2009. — Т. 50. — С. 297-303.

11. Вы Х. Анализ чувствительности сажевых фильтров дизельного топлива к геометрическим параметрам при загрузке сажи и ее многоцелевая оптимизация / Х. Вы, Р. Гао, К. Лян [и др.] // *Process Saf. Environ. Prot.* — 2022. — Т. 159. — С. 251-265
12. Юнг Д. Алгоритм оптимизации рабочих параметров дизельного двигателя на основе цикла испытаний на вождение транспортного средства / Д. Юнг, Дж. Банг, С. Чой [и др.] // *J. Mech. Sci. Technol.* — 2013. — Т. 27. — С. 2171-2179.
13. Гейни Б. LTC производительность водно-спиртовых смесей C1-C4 с одинаковым охлаждающим потенциалом / Б. Гейни, З. Ян, С. Мозер [и др.] // *Fuel.* — 2021. — Т. 293. — 120480.
14. Ким Х.Ю. Сокращение выбросов летучих органических соединений от дизельных двигателей с использованием биодизельного топлива и смесей рапсового масла / Х.Ю. Ким, С.К. Юн [и др.] // *Fuel.* — 2018. — Т. 218. — С. 266-274.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Radmaher O.U. Sistemnye reshenija BOSH po sokrashheniju vybrosov CO2 i drugih komponentov [BOSH system solutions for the reduction of CO2 emissions and other components] / O.U. Radmaher, J. Vagner, B. Menher [et al.] // *Zhurnal Avtomobil'nyh Inzhenerov [Journal of Automotive Engineers]*. — 2011. — № 4 (69). — P. 42-49 [in Russian]
2. Exhaust purification device of internal combustion engine. — URL: <https://patents.google.com/patent/US5473887A/en> (accessed: 17.12.2023)
3. Ceria-alumina oxidation catalyst. — URL: <https://patents.google.com/patent/US5627124A/en> (accessed: 17.12.2023)
4. Golunski S.E. Origins of low-temperature three-way activity in Pt/CeO₂ _ Applied Catalysis / S.E. Golunski // *Environmental.* — 1995. — № 5. — P. 367-376.
5. Proizvodnye piridina i gerbicidnoe sredstvo na ih osnove [Pyridine derivatives and herbicide product based on them]. — URL: <https://patents.google.com/patent/RU2304141C2/ru> (accessed: 17.12.2023) [in Russian]
6. Sposob snizhenija jemissii oksidov azota nox s otrabotavshimi gazami dizelej [A method of reduction of emission of nitrogen oxides nox with exhaust gases of diesel engines]. — URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2775890C1_20220711 (accessed: 17.12.2023) [in Russian]
7. Sposob snizhenija vrednyh vybrosov s otrabotavshimi gazami teplovyh dvigatelej transportnyh sredstv, jekspluatiruemyh v uslovijah ogranichennyh ob'emov [A method of reduction of harmful emissions with exhaust gases of heat engines of vehicles operating in conditions of limited volumes]. — URL: <https://patents.google.com/patent/RU2321759C2/ru> (accessed: 17.12.2023) [in Russian]
8. Fang Dzh. Vlijanie rabochih parametrov na harakteristiki regeneracii i harakteristiki vybrosa tverdyh chastic dizel'nyimi sazhevymi fil'trami [Effect of operating parameters on regeneration characteristics and particulate matter emission characteristics of diesel particulate filters] / J. Fang, Z. Mjen, J. Li [et al.] // *Appl. Therm. Eng.* — 2019. — Vol. 148. — P. 860-867. [in Russian]
9. Chzhan B. Vlijanie konstruktivnyh i jekspluatacionnyh faktorov na snizhenie proizvoditel'nosti sazhevogo fil'tra dizel'nogo topliva na osnove kompozitnoj regeneracii [Influence of design and operational factors on the performance degradation of diesel particulate filter based on composite regeneration] / B. Chzhan, Dzh. E, Dzh. Gong [et al.] // *Appl. Therm. Eng.* — 2017. — Vol. 121. — P. 838-852. [in Russian]
10. Liu H. Termodinamicheskij analiz termoregenerativnogo cikla v poristoj srede dvigatelja [A thermodynamic analysis of thermoregenerative cycle in porous engine medium] / H. Liu, M. Xie, D. Wu // *Energy Convers. Manag.* — 2009. — Vol. 50. — P. 297-303. [in Russian]
11. Wu X. Analiz chuvstvitel'nosti sazhevych fil'trov dizel'nogo topliva k geometricheskim parametram pri zagruzke sazhi i ee mnogocelevaja optimizacija [A sensitivity analysis of diesel particulate filters to geometrical parameters during soot loading and its multi-objective optimization] / X. Wu, R. Gao, K. Liang [et al.] // *Process Saf. Environ. Prot.* — 2022. — Vol. 159. — P. 251-265 [in Russian]
12. Jung D. Algoritm optimizacii rabochih parametrov dizel'nogo dvigatelja na osnove cikla ispytanij na vozhdenie transportnogo sredstva [An algorithm for optimization of diesel engine operating parameters based on vehicle driving test cycle] / D. Jung, J. Bang, S. Choi [et al.] // *J. Mech. Sci. Technol.* — 2013. — Vol. 27. — P. 2171-2179. [in Russian]
13. Gejni B. LTC proizvoditel'nost' vodno-spirtovyh smesej C1-C4 s odinakovym ohlazhdajushhim potencialom [LTC performance of C1-C4 water-alcohol mixtures with the same cooling potential] / B. Gainey, Z. Jan, S. Mozer [et al.] // *Fuel.* — 2021. — Vol. 293. — 120480. [in Russian]
14. Kim H.Ju. Sokrashhenie vybrosov letuchih organicheskikh soedinenij ot dizel'nyh dvigatelej s ispol'zovaniem biodizel'nogo topliva i smesej rapsovogo masla [Reduction of VOC emissions from diesel engines using biodiesel and rapeseed oil blends] / H.Y. Kim, S.K. Jun [et al.] // *Fuel.* — 2018. — Vol. 218. — P. 266-274. [in Russian]