

СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

В. М. Ситдигов¹, Н. Ю. Дударева², Р. Ю. Сакулин³

¹ ven_s80@mail.ru, ² natalia_jd@mail.ru, ³ laminar_burn@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. Повышение уровня экологической безопасности современных видов транспорта является приоритетной задачей всего мирового энергетического машиностроения. В подавляющем большинстве случаев это обеспечивается низкой токсичностью отработавших газов поршневых двигателей внутреннего сгорания. В работе рассматриваются существующие на данный момент основные способы снижения токсичности отработавших газов, их достоинства и недостатки, описаны виды каталитических нейтрализаторов. Проводится анализ методик понижения токсичности и предлагается способ снижения токсичности отработавших газов непосредственно в камере сгорания за счет использования каталитического покрытия на деталях.

Ключевые слова: токсичность; отработавшие газы; микро-дуговое оксидирование; каталитический нейтрализатор; оксид алюминия; $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

ВВЕДЕНИЕ

Область применения двигателей внутреннего сгорания очень обширна: автомобильный транспорт, сельхозмашины, морской и речной флот, легкомоторная авиация и др. Автомобили относятся к основным источникам загрязнения окружающей среды. В больших городах на долю автотранспорта приходится более половины объема вредных выбросов в атмосферу. В мегаполисах эта величина доходит до 70–90 % [1]. Токсичные компоненты отработавших газов наносят вред живым организмам: в крупных городах широко распространены респираторные и сердечнососудистые заболевания. Кроме того, токсичные вещества нарушают рост растений, способствуя снижению урожаев и потерям в животноводстве [2].

Продолжающееся увеличение подвижного состава приводит к постоянному росту количества вредных веществ в атмосфере, почве и водных объектах. Для борьбы с этими негативными явлениями в последние десятилетия значительно возросли требования к выбросу токсических веществ в составе отработавших газов. Продолжают разра-

батываться и внедряться в практику новые, более жесткие нормы выбросов вредных веществ в атмосферу – нормы Евро 5 и 6.

Современным и наиболее широко распространенным методом для снижения выбросов является применение трехкомпонентных каталитических нейтрализаторов. Это окислительно-восстановительные реакторы, использующие в качестве катализатора платину, палладий и родий. Такие нейтрализаторы позволяют уменьшить содержание оксидов азота, оксидов углерода и углеводородов в составе отработавших газов [3]. Таким образом, исследования в области нейтрализации газов ДВС имеют важное практическое значение. В настоящее время существует целый комплекс способов снижения токсичности отработавших газов (ОГ). Однако каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки.

На основании вышеприведенных данных была сформулирована **цель работы:** обосновать наиболее эффективный способ нейтрализации отработавших газов на основе анализа механизма образования токсичных веществ в отработавших газах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Состав ОГ автотранспортных средств характеризуется в основном количеством следующих соединений: оксида углерода (CO), оксидов азота (NO_x), твердых частиц и несгоревших углеводородов (C_nH_m). В этой связи редко упоминается о том, что эти вещества составляют лишь небольшую часть общих выбросов выхлопных газов [4]. Необходимо отметить, что состав ОГ у дизельных и бензиновых двигателей отличается. В ОГ бензинового ДВС содержатся в основном оксиды углерода, оксиды азота и углеводороды (рис. 1, а), в ОГ дизельного ДВС добавляются диоксид серы и твердые частицы (рис. 1, б) [4].

В ОГ содержатся следующие компоненты:

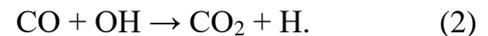
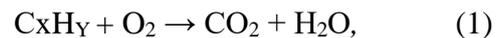
– N_2 – **Азот** негорючий, бесцветный газ, без запаха. Азот входит в состав воздуха (78 % – азот, 21 % – кислород, 1 % – другие газы) и поступает в камеру сгорания (КС) вместе с забираемым воздухом. Высокая температура в камере сгорания позволяет малой части атомов азота вступить в реакцию с кислородом, образуя оксиды азота NO_x .

– O_2 – **Кислород** – газ бесцветный, без запаха без вкуса. Кислород является основным химическим элементом в процессе сгорания топлива, так как окисляет углеводороды топлива.

– H_2O – **Вода** образуется в зоне низкотемпературного горения (период разогрева),

в результате окисления атомов водорода, принадлежащих углеводородам топлива. Вода является безвредным компонентом ОГ.

– CO_2 – **Диоксид углерода (углекислый газ)** без цвета, негорючий газ. Образуется в процессе горения топлива, содержащего углерод. Углерод соединяется с кислородом внутри двигателя по следующему механизму:



Догорание CO (окисление CO до CO_2) происходит также и в выпускной трубе, и в каталитических нейтрализаторах, которые в обязательном порядке устанавливаются на современные автомобили.

– C_nH_m – **углеводороды**, представляющие собой несгоревший топливный компонент, который появляется в выхлопных газах после неполного сгорания. Углеводороды обладают неприятным резким запахом. Несгоревшие углеводороды попадают в отработавшие газы в результате работы двигателя при условии плохого смесеобразования или недостатка окислителя [4].

Следует отметить, что концентрация угарного газа, углеводородов и оксидов азота в выхлопных газах едва превышает 1 %, однако даже такое незначительное количество этих веществ в ОГ представляет угрозу здоровью людей и заставляет принимать самые решительные меры по снижению их количества в ОГ.

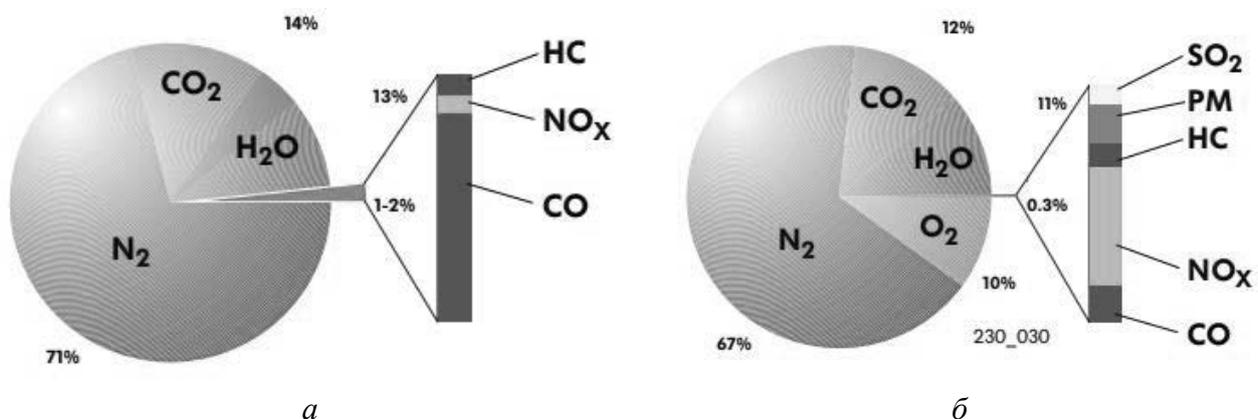


Рис. 1. Состав ОГ ДВС [1]: а – бензинового; б – дизельного; обозначения: N_2 – азот; O_2 – кислород; H_2O – вода; CO_2 – двуокись углерода; CO – оксид углерода; NO_x – оксиды азота; SO_2 – диоксид серы; Pb – свинец; HC – углеводороды; PM – твердые частицы

Можно выделить несколько основных способов снижения токсичности:

1. За счет влияния на рабочий процесс двигателя. К ним относятся такие как [5]:

- уменьшение угла опережения зажигания (впрыска) топлива;
- рециркуляция ОГ;
- обеднение главной дозирующей системы карбюратора ($\alpha=1,05\dots 1,15$);
- увеличение зазора между электродами свечей зажигания;
- применение электронной системы зажигания;
- конструкция камеры сгорания;
- применение наддува;
- теплоизоляция стенок КС;
- применение 4-х и более клапанов на один цилиндр;
- повышение степени сжатия с 9,5 до 12,0;
- многоискровое зажигание или установка более одной свечи зажигания.

Каждый из этих вариантов по-своему влияет на качество нейтрализации компонентов ОГ. В целом оксиды углерода остаются в пределах нормы, а в некоторых вариантах они снижаются. Несгоревшие углеводороды имеют тенденцию к понижению в составе ОГ, а вот оксиды азота зависят от конкретного типа двигателя. Общий уровень очистки ОГ можно охарактеризовать как средний. В данном способе имеются и свои недостатки, а именно необходимость в изменении конструкции двигателя, требуется точная регулировка системы зажигания, применение электронных блоков управления, установка дополнительных агрегатов.

2. Использование экологически безопасного (альтернативного) топлива. К ним относятся спирты, водород, газы (метан, пропан-бутановые смеси), растительные масла и др.

В молекулах спирта содержится кислород, что обеспечивает его более полное сгорание с высокими скоростями, это, в свою очередь, повышает температуру в камере сгорания, способствующую уменьшению токсичности ОГ. В результате использования спиртов выбросы CO уменьшаются в 4,5 раза, NO – 11,5 раза, количество СН

изменяется незначительно, по сравнению с бензином [6].

Спиртам присущи и свои недостатки:

- увеличенный расход топлива, в связи с небольшой теплотой сгорания, что влечет увеличение объема топливного бака и, соответственно, массы двигателя;
- спирт способствует коррозии деталей двигателя особенно из алюминия и их сплавов;
- требуется изменение конструкции во всасывающем устройстве для подвода большего количества тепла, из-за высокой теплоты парообразования спирта для его испарения.

Водород в качестве топлива характеризуется высокой теплотой сгорания (в 3 раза больше, чем у бензина), высокой скоростью сгорания (в 4 раза больше по сравнению с бензиново-воздушной смесью). При его сгорании образуется вода. Однако и у водорода есть недостатки:

- из-за высоких температур сгорания, количество NO_x значительно увеличивается;
- необходима установка специальных баллонов для хранения водорода и редукторов для понижения давления;
- наблюдается жесткая работа двигателя при использовании водорода, что связано с высокой скоростью сгорания;
- происходит наводораживание деталей, что ведет, соответственно, к охрупчиванию и дальнейшему разрушению.

В настоящее время довольно популярно переводить автомобили на газовое топливо. Перевод автомашин на газовое топливо позволяет почти в 100 раз снизить выбросы в атмосферу канцерогенных веществ, сократить расход нефтепродуктов: каждая тысяча газобаллонных автомобилей экономит на грузовых перевозках 12 тыс. т, на пассажирских – 30 тыс. т. бензина в год. Газовое топливо не требует присадок, что продлевает срок службы двигателя в 1,5 раза, снижает вредные выбросы на 10 %. Как и любое топливо для автомобиля, газ обладает преимуществами и недостатками. К недостаткам относятся [7]:

- высокая стоимость газового оборудования;

– дорогостоящий ремонт газобаллонного оборудования;

– потеря мощности двигателя, которые при использовании газа могут достигать 5–6 %;

– большие габариты газобаллонного оборудования, которое занимает от 10 % до 30 % объема багажного отделения в зависимости от модели автомобиля;

– нарушение герметичности отдельных элементов газовой системы автомобиля ведёт к появлению устойчивого запаха газа в салоне транспортного средства.

Растительные масла в основном применяются на дизельных двигателях. Как правило, для получения биодизеля применяются рапсовое, подсолнечное, соевое масла и отходы пищевой промышленности (масла после приготовления кулинарных блюд). В сравнении с обычным дизельным топливом, растительные масла почти не содержат серы и при этом подвергаются практически полному биологическому распаду. В почве или в воде микроорганизмы за 28 дней перерабатывают 99 % биодизеля – это минимизирует степень загрязнения рек и озёр, выделяет в атмосферу меньшее количество окиси серы (главную причину кислотных дождей) и на две трети сокращает количество других ядовитых выбросов выхлопных газов [8].

3. Каталитическая нейтрализация – снижение токсичности ОГ в выпускной системе.

В настоящее время обязательным устройством современных автомобилей являются каталитические нейтрализаторы. Нейтрализатор – дополнительное устройство, которое соединено с выхлопной системой двигателя с целью снижения токсичности выхлопных газов. Нейтрализаторы бывают разные, применяют нейтрализаторы

жидкостные, каталитические, комбинированные.

3.1. Принцип действия **жидкостных нейтрализаторов** основан на растворении или химическом взаимодействии токсичных компонентов выхлопных газов при их пропускании через воду или раствор сульфата натрия, бикарбоната натрия. Пропускание ОГ дизелей через воду приводит к уменьшению запаха, альдегиды поглощаются на 50 %, сажа – на 60–80 %. Недостаток этих нейтрализаторов – частая смена растворов, неэффективность по отношению к оксиду углерода (II), большая масса и размеры [7].

3.2. **Каталитические нейтрализаторы** снижают токсичность выхлопных газов за счет химических реакций, протекающих на поверхности твердого катализатора (в качестве катализаторов используют платину, палладий, рутений; оксиды меди, хрома, никеля, марганца, алюминия). Каталитические нейтрализаторы снижают содержание в выхлопных газах CO – на 80 %; углеводородов – на 70 %; оксидов азота – на 50 % [7].

Принципиальная схема каталитического нейтрализатора приведена на рис. 2.

Процесс окисления в каталитическом нейтрализаторе протекает при прохождении ОГ через слой катализатора – керамические гранулы или металлические соты, покрытые благородным металлом или оксидом металла. Каталитические нейтрализаторы выполняются в виде двухкамерного реактора. В одной камере проходит окисление CO и углеводородов, в другой – восстановление NOx. Такие нейтрализаторы селективны и долговечны. Единственный недостаток – возможность «отравления» катализатора соединениями серы или свинца.

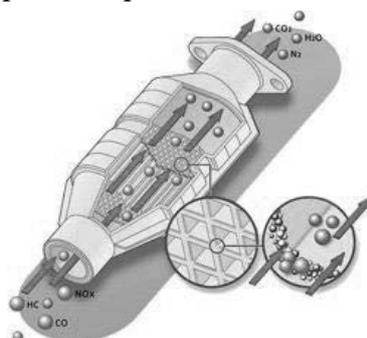


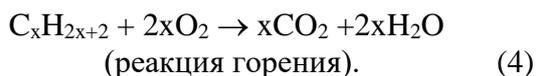
Рис. 2. Принципиальная схема каталитического нейтрализатора [9]

Каталитические нейтрализаторы бывают 2-х и 3-компонентные. Двухкомпонентный каталитический нейтрализатор выполняет одновременно две задачи [10]:

1) окисление оксида углерода до диоксида углерода:



2) окисление несгоревших углеводородов (несгоревших и частично-сгоревшего топлива) до диоксида углерода и воды:



Данный тип каталитического нейтрализатора широко применяется в дизельных двигателях для снижения выбросов углеводорода и монооксида углерода.

С 1981 г. начали применяться трехкомпонентные каталитические нейтрализаторы в системе контроля выбросов транспортных средств в США и во многих других странах. Трехкомпонентный каталитический нейтрализатор выполняет одновременно три задачи:

1) восстановление оксида азота до азота и кислорода:



2) окисление оксида углерода до диоксида углерода:



3) окисление несгоревших углеводородов (несгоревших и частично-сгоревшего топлива) до диоксида углерода и воды:



Рабочая температура катализатора играет решающую роль в эффективности процесса нейтрализации токсичных компонентов. Реальное преобразование начинается только после достижения 300 °С. Идеальной, с точки зрения эффективности и срока службы, считается температура от 400 до 800 °С. В диапазоне температур от 800 до 1000 °С наблюдается ускоренное старение нейтрализатора [11].

3.3. Комбинированные нейтрализаторы представляют собой соединенные последовательно жидкостной и каталитические нейтрализаторы. В результате прохож-

дения через катализатор выхлопные газы теряют до 90 % токсичных веществ и оказывают менее губительное влияние на окружающую среду [7].

Однако все способы, связанные с использованием каталитических нейтрализаторов, обладают существенным недостатком – необходимостью разработки, конструирования и изготовления дополнительного оборудования.

Наиболее перспективным направлением может стать снижение токсичности ОГ не в каталитическом нейтрализаторе, а прямо в камере сгорания двигателя. Это позволило бы избавиться от установки блока катализатора в выпускной системе и активизировать работу по уменьшению ОГ при холодном запуске двигателя. Такая идея реализуема за счет использования специальных покрытий на деталях камеры сгорания, а именно на днище поршня и на поверхности блока цилиндров.

Из всей совокупности существующих способов покрытий наиболее перспективным является метод микродугового оксидирования (МДО), позволяющий формировать на поверхностях днища поршня и блока цилиндров оксидированный теплоизолирующий керамический слой (МДО-покрытие). Такие покрытия отличаются высокой теплоустойчивостью, износостойкостью, микротвердостью и имеют пористую структуру. Кроме этого процесс микродугового оксидирования не приводит к изменению геометрических параметров поршня и не требует дополнительных операций по их механической обработке [12]. МДО-слой состоит из высокотемпературных оксидов алюминия: $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, муллита, силлиманита [13]. Эти оксиды способны снижать токсичность, так как могут выступать катализатором реакций (1)–(7).

В общем случае эффективность катализатора определяется комплексом взаимосвязанных свойств, таких как кислотность поверхности, структура, степень гидроксिलирования поверхности, текстурой поверхности (удельной площадью поверхности, объемом пор, распределением пор по размерам). Каталитическую активность оксида алюминия, присутствующего в МДО-слое,

в первую очередь, связывают с кислотными свойствами [14], кроме этого покрытие характеризуется значительной пористостью (до 17–19 %).

Вышеприведенные факты позволяют сделать вывод о перспективности использования МДО-покрытия в качестве катализатора реакций по снижению токсичности ОГ непосредственно в камере сгорания поршневого двигателя. Это направление может быть перспективным, так как позволит: избавиться от установки в выпускном коллекторе кислородного датчика (лямбда-зонда); убрать блок катализатора в выпускной системе; удешевить систему нейтрализации ОГ; сохранить мощность двигателя, которую катализатор обычно снижает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожанов¹ В. Н., Ваганов² Н. А., Петелин¹ А. А., Бектольд² Т. Г. Влияние отключения некоторых цилиндров дизельного двигателя на токсичность отработавших газов. – Челябинская государственная агроинженерная академия¹, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова² [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://www.vestnik.nauka.kz/wp-content/uploads/2014/03/11> - (Дата обращения 30.08.2018). [V.N. Kozhanov¹, N.A. Vaganov², A.A. Petelin¹, T.G. Bekhtold² The Impact of Disabling Some Cylinders of Diesel Engines on Exhaust Gas Toxicity - Chelyabinsk State Agroengineering Academy¹, Kostanay Engineering and Economics University. M. Dulatov² [Electronic resource]. Access mode - <http://www.vestnik.nauka.kz/wp-content/uploads/2014/03/11> - (Contact date 08/30/2018)].
2. Способы нейтрализации отработавших газов в выпускной системе [Электронный ресурс]. Режим доступа – http://ihe.ru/articles/o_vozduhe/vozduh_v_nashih_gorodah/ - Воздух в наших городах - (Дата обращения 30.08.2018). [Ways to neutralize exhaust gases in the exhaust system [Electronic resource]. Access mode - http://ihe.ru/articles/o_vozduhe/vozduh_v_nashih_gorodah/ - Air in our cities - (Date of circulation 08/30/2018)].
3. Катализатор подробно [Электронный ресурс]. Режим доступа – http://wiki.zr.ru/Катализатор_подробно - (Дата обращения: 14.12.2018). [Catalyst in detail [Electronic resource]. Access mode - http://wiki.zr.ru/Катализатор_подробно - (Contact Date: 12/14/2018)].
4. Motor Vehicle Exhaust Emissions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_230.pdf "Выхлопные газы автомобилей" - (Дата обращения: 30.08.2018). [Motor Vehicle Exhaust Emissions [Electronic resource]. - Access mode: http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_230.pdf "Automobile exhaust gases" - (Date of circulation: 08/30/2018)].
5. Методы снижения токсичности отработавших газов [Электронный ресурс]. Режим доступа – https://studbooks.net/1015599/ekologiya/metody_snizheniya_toksichnosti_otrabotavshih_gazov - (Дата обращения: от 27.09.2018). [Methods of reducing the toxicity of exhaust gases [Electronic resource]. Access mode - https://studbooks.net/1015599/ekologiya/metody_snizheniya_toksichnosti_otrabotavshih_gazov - (Contact date: from 09/27/2018)].
6. Дударева Н. Ю. Топливо и смазочные материалы для двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2007. - 203 с. [N. Yu. Dudareva. Fuel and lubricants for internal combustion engines: Study Guide / Ufinsk. state Aviation tech. un-t - Ufa: USATU, 2007. - 203 p.].
7. Снижение токсичности отработавших газов автотранспорта [Электронный ресурс]. Режим доступа – https://studopedia.ru/3_83379_snizhenie-toksichnosti-vihlopnih-gazov-avtotransporta.html - (Дата обращения: от 17.12.2018). [Reducing the toxicity of exhaust gases of motor transport [Electronic resource]. Access mode - https://studopedia.ru/3_83379_snizhenie-toksichnosti-vihlopnih-gazov-avtotransporta.html - (Contact date: from 12/17/2018)].
8. Семь экологических видов топлива для автомобилей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://recyclemag.ru/article/7-eco-vidov-topliva-dlja-avtomobilej>. (Дата обращения: 12.11.2018). [Seven environmentally friendly fuels for cars. [Electronic resource]. - Access mode: <https://recyclemag.ru/article/7-eco-vidov-topliva-dlja-avtomobilej>. (Date of appeal: 12.11.2018)].
9. Каталитический нейтрализатор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autoopt.ru/articles/products/3842850/> - (Дата обращения: 30.08.2018). [Catalytic converter [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.autoopt.ru/articles/products/3842850/> - (Revision date: 08/30/2018)].
10. Анализ выхлопных газов двигателя и производительности SI каталитического конвертера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ijera.com/papers/Vol3_issue4/AZ34313320.pdf - Exhaust Gas Analysis of SI Engine and Performance Of Catalytic Converter - (Дата обращения: 30.08.2018). [Analysis of engine exhaust gases and the performance of the SI catalytic converter [Electronic resource]. - Access mode: http://www.ijera.com/papers/Vol3_issue4/AZ34313320.pdf - Exhaust Gas Analysis of the Catalytic Converter & ExCit of the Catalytic Converter - (Contact date: 08/30/2018)].
11. Устройство и принцип работы каталитического нейтрализатора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://techautoport.ru/dvigatel/vypusknaya-sistema/kataliticheskiy-neytralizator.html> - (Дата обращения: 17.12.2018). [Device and principle of operation of the catalytic converter [Electronic resource]. - Access mode: <https://techautoport.ru/dvigatel/vypusknaya-sistema/kataliticheskiy-neytralizator.html> - (Contact date: 12/17/2018)].
12. Влияние теплоизолирующего покрытия на рабочих поверхностях головки поршня на экологические показатели бензинового двигателя: Семинар – круглый стол б. «Научно-практические основы внедрения современных систем машин в АПК» / А. Л. Хохлов и др. // Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия, РФ. [A.L. Khokhlov, et. al. Influence of heat insulating coating on the working surfaces of the piston head on the environmental performance of a gasoline engine: Workshop - round table б. "Scientific and practical bases for the introduction of modern machine systems in the agricultural sector" / Ulyanovsk State Agricultural Academy, Russian Federation].

13. **Афанасов И.М., Лазорак Б.И.** Высокотемпературные керамические волокна: учебное пособие для студентов по специальности «Композиционные наноматериалы». Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. Москва. – 2010. [I.M. Afanasov, B.I. Lazorak High-temperature ceramic fibers. Study guide for students in the specialty "Composite nanomaterials". Moscow State University Lomonosov. Moscow - 2010].

14. **Рогожников В. Н.** Разработка способа формирования слоя Al_2O_3 на структурированном металлическом носителе для каталитических применений. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук. Новосибирск – 2017. [V.N. Rogozhnikov. Development of a method for forming a layer of Al_2O_3 on a structured metal carrier for catalytic applications. Thesis for the degree of candidate of chemical sciences. Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Catalysis. G.K. Boreskov Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Novosibirsk - 2017].

ОБ АВТОРАХ

СИТДИКОВ Венер Мунирович, преподаватель учебного военного центра. Дипл. инженер (УГАТУ, 2004). Готовит дис. о снижении токсичности отработавших газов поршневого двигателя каталитической нейтрализацией токсичных компонентов в рабочей камере.

ДУДАРЕВА Наталья Юрьевна, доцент кафедры ДВС, канд. техн. наук (УГАТУ, 1999). Область науч. интересов – повышение работоспособности поверхностей деталей ДВС за счет формирования на них покрытий.

САКУЛИН Роман Юрьевич, доцент кафедры ДВС, канд. техн. наук (УГАТУ, 2010), готовит дис. о малотоксичных рабочих процессах поршневых ДВС.

METADATA

Title: Reduced exhaust emissions in a piston engine

Authors: V. M. Sitdikov¹, N. YU. Dudareva², R. YU. Sakulin³

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹ ven_s80@mail.ru, ² natalia_jd@mail.ru, ³ laminar_burn@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (20), pp. 163-169, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: Improving the environmental safety of modern modes of transport is a priority for the entire global energy engineering. In most cases, this is ensured by the low toxicity of the exhaust gases of reciprocating internal combustion engines. The paper discusses the currently existing basic methods for reducing exhaust emissions, their advantages and disadvantages, describes types of catalytic converters. An analysis of methods for reducing toxicity is carried out and a method is proposed for reducing the toxicity of exhaust gases directly in the combustion chamber through the use of a catalytic coating on parts.

Key words: toxicity, exhaust gases, micro-arc oxidation, catalytic converter, aluminum oxide, $\alpha-Al_2O_3$, $\gamma-Al_2O_3$.

About authors:

SITDIKOV, Vener Munirovich, teacher of the military training center. Dipl. engineer (UGATU, 2004). Prepares dis. o reduction of exhaust gases in a piston engine by catalytic neutralization of toxic components in the working chamber.

DUDAREVA, Natalya Yuryevna, Associate Professor of the Department of ICE, cand. tech. Sciences (UGATU, 1999). Scientific field interests - improving the performance of surfaces of ICE parts due to the formation of coatings on them

SAKULIN, Roman Yuryevich, Associate Professor of the Department of the ICE, cand. tech. Sciences (UGATU, 2010), prepares dis. about low-toxic working processes of piston internal combustion engines