

УДК 629.113.8

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ БЕНЗИНОВЫХ МОТОРОВ

Драгуленко Владислав Владимирович
кандидат технических наук, доцент
РИНЦ SPIN-код: 2088-7914
vlad400@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Куприяненко Николай Александрович
t9913552@yandex.ru

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Малахатка Владислав Юрьевич

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Саблина Полина Александровна

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

В статье рассмотрены особенности установки каталитических нейтрализаторов в автомобили с бензиновыми двигателями, а также принцип их работы и влияние на работу самого двигателя. Так как, в последние годы выявлено частое разрушение катализаторов на автомобилях с относительно небольшими пробегами, то подробно проанализированы причины таких разрушений нейтрализаторов. Одним из последствий такого разрушения является попадание керамической пыли разрушенного катализатора в цилиндропоршневую группу, что приводит к ее быстрому выходу из строя. Авторами предлагается методика определения степени разрушения катализатора на ранних стадиях, позволяющая предотвратить ранний выход его из строя, сохранив систему дожигания выхлопных газов и должную работу двигателя внутреннего сгорания

Ключевые слова: КАТАЛИЗАТОР, ОТРАБОТАВШИЕ ГАЗЫ, ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, КЕРАМИЧЕСКАЯ ПЫЛЬ, СНИЖЕНИЕ РЕСУРСА ДВС

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-206-006>

UDC 629.113.8

4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

THE REASONS FOR THE DESTRUCTION OF MODERN CATALYSTS OF GASOLINE ENGINES

Dragulenko Vladislav Vladimirovich
Candidate of technical sciences, Associate Professor
RSCI SPIN code: 2088-7914
vlad400@mail.ru

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

Kupriyanenko Nikolay Alexandrovich
t9913552@yandex.ru

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

Malakhata Vladislav Yurevich

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

Sablina Polina Alexandrovna

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

The article discusses the features of installing catalytic converters in cars with gasoline engines, as well as the principle of their operation and the impact on the operation of the engine itself. Since, in recent years, frequent destruction of catalysts on cars with relatively low mileage has been identified, the causes of such destruction of neutralizers are analyzed in detail. One of the consequences of such destruction is the ingress of ceramic dust from the destroyed catalyst into the cylinder-piston group, which leads to its rapid failure. The authors propose a method for determining the degree of destruction of the catalyst at early stages, which allows preventing its early failure, while maintaining the exhaust gas afterburning system and the proper operation of the internal combustion engine

Keywords: CATALYST, EXHAUST GASES, INTERNAL COMBUSTION ENGINE, CERAMIC DUST, REDUCTION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE LIFE

<http://ej.kubagro.ru/2025/02/pdf/06.pdf>

При работе двигателя внутреннего сгорания энергия сгораемого топлива превращается в механическую энергию движения поршня, при этом большая часть, в основном тепловой, уходит в атмосферу с отработавшими газами или через систему охлаждения. С каждым новым поколением двигателей конструкторы пытаются минимизировать эти потери энергии и большее ее количество направить на полезную работу. Однако при работе двигателя внутреннего сгорания не только потери энергии сгораемого топлива является побочным явлением, но и вредные вещества, которые появляются при сгорании топлива и попадают в атмосферу с отработавшими газами. Конструкторы-инженеры понимали это еще при создании первых двигателей внутреннего сгорания и уже тогда задумывались о решении данной проблемы, но автомобилестроение развивалось семимильными шагами, автомобилей было относительно небольшое количество, загрязненность воздуха не ощущалась так сильно, поэтому качество отработавших газов ушло на дальний план.

Первые двигатели человечеству казались источником чистоты, но они сильно заблуждались. Одним из первых кто задумался о чистоте выхлопа был американский ученый Юджин Гудри. На него сильно произвел впечатление смог в окружающем воздухе в крупных городах, так как он осознавал его сильное влияние на здоровье людей, поэтому он решил разработать устройство, которое позволит уменьшить загрязнение окружающей среды автомобилями.

Первый катализатор он создал в 1953 году, который состоял из глиняных гранул, но они не справлялись с большим количеством свинца в бензине в те года и неудачно показали себя в работе. В дальнейшем он доработал катализатор и запатентовал его в виде металлической коробки, в которой были расположены в шахматном порядке керамические соты. Соты он покрыл очень тонкой пленкой оксида алюминия, содержащего вкрапления драгоценных металлов, таких как платина, родий и палладий.

Но массово устанавливать катализаторы на автомобили стали уже в 80-х годах XX века, когда были разработаны системы питания бензиновых двигателей с электронным управлением. На дизельные моторы тоже стали устанавливать нейтрализаторы отработанных газов, но немного позже и там они по сути являются сажевыми фильтрами. Однако, необходимо разобраться с разрушением катализаторов отработавших газов именно в бензиновых двигателях, которое происходит в последние годы на современных автомобилях, ввиду массовости данной проблемы.

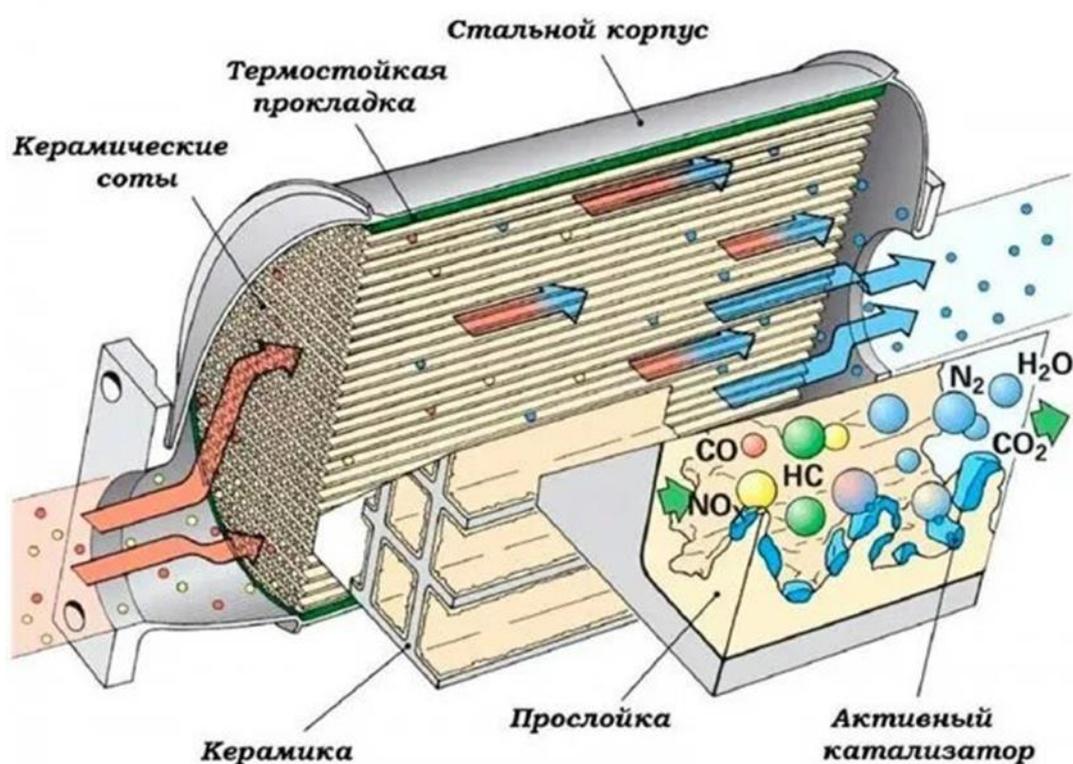


Рисунок 1 – Составные части современного катализатора и принцип его работы

Так как расположить катализатор конструкторы стараются как можно ближе к выпускному коллектору двигателя, то такое расположение позволяет за короткое время вывести его на эффективную рабочую температуру. Только достигнув своей рабочей температуры от 300 °С катализатор начинает преобразовывать токсичные компоненты в менее вредные вещества. Принцип действия дожигания выхлопных газов и их

преобразования в менее вредные вещества и газы, изображен на рисунке 1. Отработавшие газы проходят через керамические соты и, взаимодействуя с их напылением, которое состоит из палладия, платины и родия и выполняет роль активатора химической реакции, преобразуются в другие вещества. Один из основных и очень вредных веществ в отработавших газах – это различные окислы азота (NO_x), так как такие окислы обладают канцерогенным воздействием на организм человека. Также они способствуют выпадению «кислотных» осадков. Следующий вредный компонент – это угарный газ (CO). Он смертельно опасен уже при его концентрации в атмосфере 0,1%. Довольно большое количество присутствует в выхлопе и прочих углеводородов (C_xH_y), которые являются составной частью повседневного городского смога.

Но выхлопные газы проходя через катализатор, проникают внутрь керамических блоков, где они проходят далее в ячейки и полностью их заполняют. Ячейки, покрытые драгоценными металлами, инициируют окислительную реакцию, благодаря чему несгоревшие углеводороды переходят в состояние водяного пара, а угарный газ становится углекислым. Родий отвечает за преобразование оксида азота в газ азот, который является нейтральным.

Большинство автопроизводителей заявляют теоретический ресурс современных катализаторов в диапазоне 150-200 тыс. км, но в последние годы зафиксировано много случаев выхода их из строя уже на пробегах 60-80 тыс. км [1]. Одной из причин такого быстрого выхода работы является работа в температурном диапазоне 1000°C и выше. Ведь оптимальной температурой работы являются значения 400-800°C, так как уже при 800-1000°C начинается ускоренное старение компонентов катализатора. Такой выход за пределы нормального температурного режима связан в большинстве своем с неисправностями двигателя и низким качеством бензинового топлива: перегрев катализатора происходит из-за обеднения

топливной смеси, а при сильно обогащенной смеси блок сот катализатора засоряется остатками недогоревшего топлива, что мешает протеканию химическим реакциям, требуемым для очищения выхлопа. Все это вызывает значительное снижение срока службы керамических сот катализатора.

Вышеперечисленные причины выхода из строя катализаторов наблюдаются на многих марках автомобилей различных автопроизводителей, однако в последние годы фиксируется значительный выход из строя нейтралитических катализаторов именно у корейских автопроизводителей [2].



Рисунок 2 – Внешний вид катализатора автомобиля Kia Rio двигателя объемом 1600 см³

Рассмотрим быстрый выход из строя катализатора на примере автомобиля Kia Rio 2019 года выпуска с пробегом 78 тыс. км. На данном авто установлен двигатель объемом 1600 см³ с непосредственным впрыском бензина в цилиндры. Автомобиль проходил регулярное обслуживание у дилера и использовал качественные расходные материалы. Катализатор у данного автомобиля стоит сразу за выпускном коллекторе блока цилиндров и объединен с выпускным коллектором (рисунок 2). Такое расположение сейчас применяется практически на всех современных

автомобилях, что дает его быстрый прогрев и выход на рабочую температуру за короткое время.

Данный автомобиль приехал на капитальный ремонт из-за повышенного расхода моторного масла (1 литр на 1000 км при допуске завода 0,5 л) и шумной работы при холодном запуске. Эндоскопия камер сгорания выявила многочисленные задиры на стенках цилиндров и следы микроскопических керамических частиц, что является следствием разрушения каталитического нейтрализатора. При дефектовке кривошипно-шатунного механизма также были выявлены многочисленные следы задиров на юбках поршней.



Рисунок 3 – Внешний вид разрушенных керамических сот каталитического нейтрализатора

Так же была проведена эндоскопия катализатора и обнаружены значительные разрушения керамических сот (рисунок 3). Выявлены большие рытвины и кратеры в керамическом блоке, видно большое количество керамической пыли, которая попадала в камеры сгорания цилиндров при «перекрытии» клапанов на такте впуска и привела к выходу из строя цилиндропоршневой группы и, как следствие, повышенному расходу масла.

Так в чем же причины такого быстрого выхода из строя катализатора на регулярно обслуживаемой машине без каких-либо зафиксированных неисправностей электронного блока управления двигателя. Самой главной и основной причиной можно назвать и констатировать этот факт – качество самого керамического блока катализатора. Автопроизводители постоянно ищут способы экономии при производстве и в последние годы многие керамические блоки стали менее прочны и вместо напыления палладия, платины и родия его делают из золота, так как это более дешевый драгметалл. Такие катализаторы менее устойчивы к силе давления и температуре отработавших газов. Перемещение катализатора с днища автомобиля как можно ближе к впускным клапанам также пагубно сказалось без должных конструктивных усилений блока керамических сот: отработанные газы, вырываясь из камеры сгорания в конце такта «рабочего хода» со скоростью 500-700 м/с и температурой 1000-1200°C разрушают относительно слабые керамические соты [3].

Не мало важным фактором остается и качество бензина, который используется на современных автомобилях. Ведь в крупных городах на брендовых сетевых заправках качество топлива контролируется и соответствует стандарту, а вот за городом – не всегда: некачественное топливо с содержанием присадок на основе свинца или марганца быстро разрушают соты катализатора.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что важно контролировать целостность катализатора и вовремя выявлять его начинающееся разрушение. Начало выхода из строя катализатора можно определить по появлению дребезжания, падению динамики автомобиля и увеличению расхода топлива. Важно периодически делать эндоскопию состояния керамического блока, выкрутив предварительно первый лямбда-зонд в корпусе катализатора выхлопной системы. Такая проверка очень актуальна как раз для азиатских производителей.

При выявлении таких неисправностей каталитического нейтрализатора необходимо его заменить на новый и, желательно, оригинального производителя. Однако высокая стоимость замены толкает автомобилистов на «очистку элемента», но это не приносит эффект и большинство просто удаляют нейтрализатор и на его место устанавливают пламегаситель, предназначенный для выравнивания потока выхлопа. Он также способствует уменьшению шумов, которые возникают при удалении катализатора и создает так называемый «подпор» вырывающимся отработавшим газам, что предотвращает увеличение расхода моторного масла. Но при удалении катализатора важно и необходимо снять устройство целиком с автомобиля, а не пробивать в нем какие-либо отверстия и удалить керамический вкладыш целиком. Также для двигателей, имеющих стандарт «Евро-3» и выше, при удалении катализатора необходимо изменять программу управления в электронном блоке. Но допускается установка эмулятора сигнала кислородного датчика с целью сохранения исходной версии прошивки программы управления работой двигателя.

На наш взгляд, наилучшим решением при выходе из строя катализатора является замена на оригинальный компонент в условиях специализированного сервиса, так как это позволяет исключить вмешательство в конструкцию авто и сохранить экологический класс, установленный автопроизводителем.

Список литературы (References)

1. Драгуленко, В. В. Детонационные явления в современных форсированных бензиновых двигателях внутреннего сгорания / В. В. Драгуленко, А. А. Бондаренко // Наука, образование, молодежь: горизонты развития : Сборник трудов по материалам Национальной научно-практической конференции, Керчь, 10 марта 2021 года / Под общей редакцией Е.П. Масюткина, науч. редактор Т.Н. Попова. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2021. – С. 18-23.

2. Драгуленко, В. В. Задиры и преждевременное разрушение цилиндропоршневой группы современных ДВС / В. В. Драгуленко, Я. А. Корж // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты : Сборник научных трудов

Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 04–05 февраля 2021 года. Том I. – Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. – С. 67-70.

3. Драгуленко, В. В. Анализ современных технологий улучшения показателей экономичности и экологичности ДВС / В. В. Драгуленко, Я. А. Корж // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты : Сборник научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 04–05 февраля 2021 года. Том I. – Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. – С. 64-67.

References

1. Dragulenko, V. V. Detonatsionnyye yavleniya v sovremennykh forsirovannykh benzinovykh dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya / V. V. Dragulenko, A. A. Bondarenko // Nauka, obrazovaniye, molodezh': gorizonty razvitiya : Sbornik trudov po materialam Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kerch', 10 marta 2021 goda / Pod obshchey redaktsiyey Ye.P. Masyutkina, nauch. redaktor T.N. Popova. – Kerch': FGBOU VO «Kerchenskiy gosudarstvennyy morskoy tekhnologicheskii universitet», 2021. – S. 18-23.

2. Dragulenko, V. V. Zadiry i prezhdevremennoye razrusheniye tsilindroporshnevoy gruppy sovremennykh DVS / V. V. Dragulenko, YA. A. Korzh // Aktual'nyye problemy agrarnoy nauki: prikladnyye i issledovatel'skiye aspekty : Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, Nal'chik, 04–05 fevralya 2021 goda. Tom I. – Nal'chik: Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya "Kabardino-Balkarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni V.M. Kokova", 2021. – S. 67-70.

3. Dragulenko, V. V. Analiz sovremennykh tekhnologiy uluchsheniya pokazateley ekonomichnosti i ekologichnosti DVS / V. V. Dragulenko, YA. A. Korzh // Aktual'nyye problemy agrarnoy nauki: prikladnyye i issledovatel'skiye aspekty : Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, Nal'chik, 04–05 fevralya 2021 goda. Tom I. – Nal'chik: Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya "Kabardino-Balkarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni V.M. Kokova", 2021. – S. 64-67.