

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности



исследовательская группа

www.infomine.ru

Обзор рынка автомобильных катализаторов в России

2 издание

Москва
декабрь, 2018

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ «Инфомайн» исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов ИНФОМАЙН, являются надежными, однако ИНФОМАЙН не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. ИНФОМАЙН не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации. Информация, представленная в настоящем отчете, получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми в отчете компаниями. Дополнительная информация предоставляется по запросу. Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения ИНФОМАЙН либо тиражироваться любыми способами.

Copyright © ООО «ИГ «Инфомайн»

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| АННОТАЦИЯ..... | 9 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 11 |
| I. Строение и классификация автомобильных нейтрализаторов выхлопных газов | 14 |
| <i>Нейтрализаторы с керамическим и металлическим носителями</i> | <i>14</i> |
| <i>Окислительные, восстановительные и трехкомпонентные нейтрализаторы</i> | <i>16</i> |
| II. Сырье для производства автокатализаторов: основные поставщики и направления поставок..... | 19 |
| III. Производство автокатализаторов в РФ | 22 |
| III.1. Динамика и структура производства в 2002-2018 гг. | 22 |
| III.2. Текущее состояние крупнейших российских производителей автокатализаторов..... | 25 |
| III.2.1. ООО "Экоальянс" (Уральский электрохимический комбинат), (г. Новоуральск, Свердловская обл.)..... | 25 |
| III.2.2. ООО "Джонсон Матти Катализаторы" (г. Красноярск)..... | 30 |
| III.2.3. ООО "Роскатавто", ООО "РосЭко" (г. Тольятти, Самарская обл.) | 32 |
| III.2.4. ООО "Басф" (г. Красногорск, Московская обл.)..... | 34 |
| III.2.5. ООО "Мобил ГазСервис" (г. Балахна, Нижегородская обл.) | 36 |
| III.2.6. Прочие производители нейтрализаторов и систем выпуска отработавших газов (СВОГ)..... | 38 |
| IV. Внешнеторговые операции с автомобильными катализаторами в России | 41 |
| IV.1. Объемы экспорта-импорта РФ в 2001-2018 гг. | 41 |
| IV.2. Направления и структура экспорта РФ в 2001-2018 гг. | 45 |
| IV.3. Направления и структура импорта РФ в 2001-2018 гг. | 47 |
| IV.4. Крупнейшие иностранные компании, поставляющие автокатализаторы на российский рынок..... | 49 |
| IV.4.1. Johnson Matthey (Великобритания) | 49 |
| IV.4.2. Basf Catalysts (Германия), Engelhard Technologies (США) | 51 |
| IV.4.3. Haldor Topsoe (Дания), Umicore (Бельгия)..... | 54 |
| IV.4.4. Escocat OY (Финляндия) | 55 |
| V. Экспортно-импортные цены на автокатализаторы в России в 2001-2018 гг. | 56 |

| | |
|--|-----------|
| VI. Потребление автокатализаторов в России | 58 |
| VI.1. Баланс производства-потребления катализаторных блоков в РФ в 2002-2018 гг. | 58 |
| VI.2. Ситуация в автомобильной отрасли РФ..... | 60 |
| VII. Переработка использованных автокатализаторов | 63 |
| VIII. Прогноз производства и потребления автокатализаторов в России на период до 2025 г. | 69 |
| Приложение 1. Адресная книга российских предприятий-производителей автокатализаторов и нейтрализаторов выхлопных газов автомобилей | 71 |
| Приложение 2. Адресная книга крупнейших российских предприятий-потребителей автокатализаторов..... | 72 |

СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1. Допустимые выбросы вредных веществ для транспорта в странах ЕС (согласно регламенту Евро-6), г/км
- Таблица 2. Основные виды сырья для производства автокатализаторов и поставщики
- Таблица 3. Поставки российским предприятиям керамических носителей (субстратов) для производства автомобильных катализаторов в 2007-2018 гг., тыс. шт
- Таблица 4. Производство автокатализаторов по предприятиям РФ в 2003-2018 гг., тыс. шт.
- Таблица 5. Импорт сырья ООО "Экоальянс" (УЭХК) в 2002-2018 г., т, шт.
- Таблица 6. Экспорт автомобильных катализаторов производства ООО "Экоальянс" в 2002-2018 гг., т, шт.
- Таблица 7. Некоторые финансово-экономические показатели деятельности ООО "Экоальянс" в 2012-2017 гг., млн руб.
- Таблица 8. Некоторые финансово-экономические показатели деятельности ООО "Джонсон Матти Катализаторы" в 2012-2017 гг., млн руб.
- Таблица 9. Результаты испытаний по токсичности отработавших газов автомобилей ВАЗ и ГАЗ на автокатализаторах ООО "Росскатавто"
- Таблица 10. Некоторые финансово-экономические показатели деятельности ООО "Росскатавто" в 2010-2017 гг., млн руб.
- Таблица 11. Некоторые финансово-экономические показатели деятельности ООО "Бозал-Газ" в 2014-2017 гг., млн руб.
- Таблица 12. Некоторые финансово-экономические показатели деятельности ООО "Эберспехер – Автовазагрегат выхлопные системы" в 2012-2017 гг., млн руб.
- Таблица 13. Некоторые финансово-экономические показатели деятельности ООО "НТЦ МСП" в 2014-2017 гг., млн руб.
- Таблица 14. Некоторые финансово-экономические показатели деятельности ООО "Экомаш-КН" в 2014-2017 гг., млн руб.
- Таблица 15. Внешняя торговля автокатализаторами в РФ в 2004-2018 гг., т, тыс. \$
- Таблица 16. Российские предприятия-экспортеры катализаторных блоков для автомобильных нейтрализаторов в 2001-2018 гг., т
- Таблица 17. Направления российского экспорта катализаторных блоков для автомобильных нейтрализаторов в 2001-2018 гг., т
- Таблица 18. Зарубежные получатели российских катализаторных блоков для автомобильных нейтрализаторов в 2001-2018 гг., т
- Таблица 19. Направления российского импорта катализаторных блоков для автомобильных нейтрализаторов в 2001-2018 гг., т
- Таблица 20. Крупнейшие российские предприятия-получатели импортных катализаторных блоков для автомобильных нейтрализаторов в 2001-2018 гг., т

Таблица 21. Экспортно-импортные цены на автокатализаторы в 2001-2018 гг.,
\$/кг

Таблица 22. Баланс производства-потребления автокатализаторов
(катализаторных блоков) в России в 2002-2018 гг., тыс. шт., %

Таблица 23. Производство автомобилей, частей и принадлежностей для
автомобилей в РФ в 2002-2017 гг., тыс. штук

Таблица 24. Характеристики методов анализа содержания ценных элементов в
каталитической пробе

СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1. Устройство трехкомпонентного автомобильного нейтрализатора выхлопных газов
- Рисунок 2. Устройство керамического и металлического автомобильных катализаторов
- Рисунок 3. Схема системы выпуска отработавших газов с окислительным каталитическим нейтрализатором
- Рисунок 4. Схема системы выпуска отработавших газов с восстановительным и окислительным каталитическими нейтрализаторами
- Рисунок 5. Схема системы выпуска отработавших газов с трехкомпонентным каталитическим нейтрализатором
- Рисунок 6. Динамика импорта керамических носителей и производства автокатализаторов в России в 2005-2018 гг., тыс. шт.
- Рисунок 7. Доли крупнейших производителей автокатализаторов в РФ в 2005-2018 гг., %
- Рисунок 8. Производство автокатализаторов ООО "Экоальянс" (УЭХК) в 1998-2018 гг., тыс. штук
- Рисунок 9. Импорт керамических носителей и катализаторных блоков ООО "Джонсон Матти Катализаторы" в 2008-2018 гг., тыс. шт.
- Рисунок 10. Импорт керамических носителей и катализаторных блоков ООО "Басф" в 2006-2018 гг., шт.
- Рисунок 11. Импорт металлической катализаторной ленты и каталитических блоков (т); производство каталитических нейтрализаторов (тыс. шт.) ООО "Мобил ГазСервис" в 2009-2018 гг.
- Рисунок 12. Динамика экспортно-импортных поставок автокатализаторов в РФ в 2001-2018 гг., т
- Рисунок 13. Динамика экспортно-импортных поставок автокатализаторов (каталитических блоков для автомобильных нейтрализаторов) в РФ в 2001-2018 гг., тыс. шт.
- Рисунок 14. Динамика российского импорта катализаторных блоков компании Johnson Matthey в 2001-2018 гг., тыс. шт.
- Рисунок 15. Динамика российского импорта катализаторных блоков (тыс. шт.) и катализаторов (тыс. т) для их производства компании Basf Catalysts в 2001-2018 гг.
- Рисунок 16. Динамика среднегодовых российских экспортно-импортных цен на катализаторные блоки в 2001-2018 гг., \$/шт.
- Рисунок 17. Динамика основных показателей российского рынка автокатализаторов (катализаторных блоков) в 2002-2018 гг., тыс. шт.
- Рисунок 18. Динамика емкости внутреннего рынка и производства легковых автомобилей в РФ в 2012-2018 гг., млн шт.
- Рисунок 19. Объемы господдержки автомобильной отрасли в РФ в 2009-2017 гг., млрд руб.
- Рисунок 20. Крупнейшие российские производители автомобилей в 2017 г., %

Рисунок 21. Динамика производства автомобилей и потребления автокатализаторов в РФ в 2002-2018 гг., тыс. шт.

Рисунок 22. Производство легковых автомобилей и потребление автокатализаторов в России в 2008-2017 гг. и прогноз на период до 2025 г., тыс. шт.

АННОТАЦИЯ

Цель исследования – анализ российского рынка катализаторных блоков (автокатализаторов).

Объектом исследования являются катализаторные блоки для нейтрализаторов выбросов отработавших газов автомобилей.

Работа является в основном кабинетным исследованием. В качестве **источников информации** использовались данные Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстат), статистики железнодорожных перевозок, таможенной статистики, базы данных "Инфолайн". Также были привлечены материалы отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, интернет-сайтов предприятий-производителей и потребителей катализаторов, а также научно-техническая литература.

Кроме того, в процессе подготовки исследования проводились *телефонные интервью с представителями предприятий-участников рынка автокатализаторов*.

Хронологические рамки исследования: 2001-2017 гг.; прогноз – 2018-2025 гг.

География исследования: Россия.

Объем исследования: отчет состоит из 8 частей, содержит 72 страницы, в том числе 24 таблицы, 22 рисунка и 2 приложения.

Первая глава отчета посвящена классификации автомобильных нейтрализаторов отработавших газов автомобилей.

Во **второй главе** приведены сведения о сырье, необходимом для производства автокатализаторов, его характеристика. Кроме того, приведены данные об основных поставщиках сырья.

Третья глава отчета посвящена производству автокатализаторов в России. В данном разделе приведены данные по объемам выпуска рассматриваемой продукции по основным производителям, а также подробно описано текущее состояние крупнейших российских производителей автокатализаторов, иностранных компаний, основавших в России свои дочерние предприятия по их выпуску.

В **четвертой главе** приводятся данные о внешнеторговых операциях с автокатализаторами в России в 2001-2018 гг. Кроме того, дано описание основных зарубежных компаний-поставщиков катализаторных блоков.

В **пятой главе** приведены сведения об уровне экспортно-импортных цен на автокатализаторы в 2001-2018 гг.

В **шестой главе** отчета рассматривается потребление автокатализаторов в России в 2002-2018 гг. В данном разделе приведен баланс производства – потребления этой продукции, а также текущее состояние и перспективы развития российского автомобилестроения.

В **седьмой главе** представлена информация о состоянии утилизации использованных автокатализаторов в России, ее перспективы в ближайшем будущем.

Восьмая глава отчета посвящена прогнозу развития российского рынка автокатализаторов на период до 2025 г.

В приложении приведены адреса и контактная информация предприятий, выпускающих и потребляющих автокатализаторы.

Целевая аудитория исследования:

- участники авторынка – производители, потребители, трейдеры, перерабатывающие предприятия;
- потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, принимающих управленческие решения, работающих на рынке автокатализаторов.

ВВЕДЕНИЕ

Автокатализатор (катализатор дожигания твердых и жидких топлив) в общем случае представляет собой *сотовую (блочную) конструкцию с нанесенным слоем платинового или палладиевого сплава*, служащего катализатором процесса нейтрализации вредных выбросов автотранспорта в атмосферу.

Сокращение вредных выбросов достигается за счет преобразования более чем 90% углеводородов, угарного газа и окисей азота (содержащихся в выхлопных газах бензинового двигателя) в менее вредный углекислый газ, азот и водяной пар. Кроме того, такие системы уменьшают долю загрязнителей дизельного двигателя, преобразовывая 30-40% макрочастиц сажи в углекислый газ и водяной пар.

Недогоревшие остатки CO, CH, NO, касаясь поверхности каталитического слоя, окончательно окисляются кислородом, присутствующим в выхлопных газах. В результате протекающей реакции выделяется тепло, еще более разогревающее катализатор (до 300°C), вследствие чего реакция окисления активизируется.

Автокатализатор, помещенный в стальной корпус, называют **нейтрализатором выхлопных газов**, который, в свою очередь, входит в систему вывода отработавших газов (СВОГ) автомобиля.

Процесс производства нейтрализатора включает два основных этапа:

- выпуск непосредственно автокатализатора на металлическом или керамическом носителе,
- упаковка автокатализатора в металлический корпус – кэннинг (canning).

Ключевой операцией технологии считается первый этап, в то время как кэннинг не представляет серьезных технологических проблем и может быть выполнен на большинстве машиностроительных предприятий, имеющих штамповочное и сварочное оборудование.

Расположение нейтрализатора в выпускной системе автомобиля может быть различным. У большинства автомобилей автокатализатор находится или сразу за приёмной трубой глушителя, или совместно с ней, составляя одну деталь. Другой вариант расположения – непосредственно в выпускном коллекторе, реже – после него, перед приёмной трубой. Последний вариант наименее удачный с точки зрения ремонтпригодности.

На автомобилях конца 1990-х годов и начала 21 века, автокатализатор, как правило, находится в коллекторе – такая конструкция облегчает выполнение экологических норм Евро-4. Близкое расположение автомобильного катализатора к камере сгорания обеспечивает более быстрый его прогрев до рабочей температуры и лучше сохраняет его от внешних воздействий и резких перепадов температуры, но сам коллектор при этом часто выходит из строя (трескается) из-за перегрева катализатора.

Металлы платиновой группы (МПГ) или платиноиды включают в себя собственно платину, палладий, родий, иридий, рутений, осмий. Благодаря

высокой термической и химической стойкости, а также каталитическим свойствам, платиноиды широко используются в химической, электронной, электротехнической, *автомобилестроительной*, нефтеперерабатывающей, стекольной промышленности, медицине.

Мировые запасы МПГ оцениваются на уровне около 76 тыс. т, при этом свыше 80% всех запасов приходится на долю ЮАР (доля РФ – порядка 13%). Мировая добыча МПГ достигает 450-500 тыс. т в год.

Производство платины составляет порядка 200 тыс. т в год. Немногим более (250-270 тыс. т) добывают палладия. Россия на сегодняшний день обладает развитой сырьевой базой и мощной платиновой промышленностью. Доля России на мировом рынке платиноидов находится на уровне 30%.

В автокатализаторах используют в основном палладий и платину. Палладий чаще применяют в производстве компонентов бензиновых двигателей, а платину – дизельных. К автомобилям с дизельным приводом относится большая часть грузовиков и автобусов в мире.

Платиновые катализаторы обладают достаточно высокой эффективностью в реакциях обезвреживания углеводородов (в том числе входящих в состав дисперсных частиц) и СО, однако их недостатком является высокая активность в реакциях окисления серы с образованием SO₃.

Палладиевые автокатализаторы характеризуются меньшей эффективностью по сравнению с платиновыми аналогами в реакциях окисления продуктов неполного сгорания, однако им свойственна и меньшая активность в реакции окисления диоксида серы до серного ангидрида. В связи с этим при соответствующей доработке палладиевые или комбинированные платино-палладиевые катализаторы могут заменить традиционно применяемые платиновые катализаторы в дизельных нейтрализаторах.

Сажа, содержащаяся в выхлопе, нетоксична, но она адсорбирует на поверхности своих частиц канцерогенные полициклические углеводороды, в том числе бенз(а)пирен. Поэтому в дизельных двигателях совместно с нейтрализатором используют сажевый фильтр, который задерживает твердые частицы. Сажевые фильтры изготавливают в виде пористого фильтрующего материала из карбида кремния и периодически очищают от накопившейся сажи.

В общем случае при выборе каталитического состава нейтрализатора, как правило, универсальных решений не существует, и применительно к конкретному автотранспортному средству необходимо проводить достаточно большой объем доводочных работ в обоснование выбранного нейтрализатора.

По данным компании Johnson Matthey, примерно половина (около 90 т в 2014 г.) добываемой в мире платины и более половины добываемого палладия (свыше 160 т) используется в производстве автокатализаторов.

Крупнейшими потребителями платины в автомобилестроении являются страны Европы (примерно половина общемирового объема), Япония и Северная Америка (по 15%). Крупнейшие потребители палладия – Северная Америка (25%), страны Европы (25%), Китай (около 20%), Япония (свыше 10%).

Учитывая тот факт, что только в нашей стране количество автомобилей в настоящее время превышает 45 млн единиц (всего в мире – свыше 0,5 млрд), проблема оснащения всех транспортных средств автокатализаторами с каждым днем становится все более актуальной и значимой.

Мировое производство автомобилей превышает 97 млн единиц в год (97,3 млн штук в 2017 г., в т.ч. в РФ – свыше 1,55 млн штук).

Проблема экологичности автомобилей возникла ещё в середине XX века, когда машины стали массовым продуктом. Европейские страны, находясь на сравнительно небольшой территории, ранее других стали применять различные экологические нормативы. Они существовали в отдельных странах и включали различные требования к содержанию вредных веществ в выхлопных газах у автомобилей.

В 1988 г. Европейской экономической комиссией ООН был введён единый регламент (так называемый Евро-0) с требованиями снизить уровень выбросов окиси углерода, оксида азота и других веществ в автомобилях. Раз в несколько лет требования ужесточались, другие государства также стали вводить подобные нормативы. С 2015 г. в Европе действуют нормы Евро-6 (таблица 1).

Таблица 1. Допустимые выбросы вредных веществ для транспорта в странах ЕС (согласно регламенту Евро-6), г/км

| Вредные выбросы | Норма для бензиновых двигателей | Норма для дизельных двигателей |
|---|---------------------------------|--------------------------------|
| Оксид углерода (CO) | 1,0 | 0,5 |
| Углеводород (CH) | 0,1 | - |
| Оксиды азота (NO _x) | 0,06 | 0,08 |
| Углеводороды и оксиды азота (CH+NO _x) | - | 0,17 |
| Взвешенные частицы (PM) | 0,005 | 0,005 |

Источник: обзор специализированной литературы

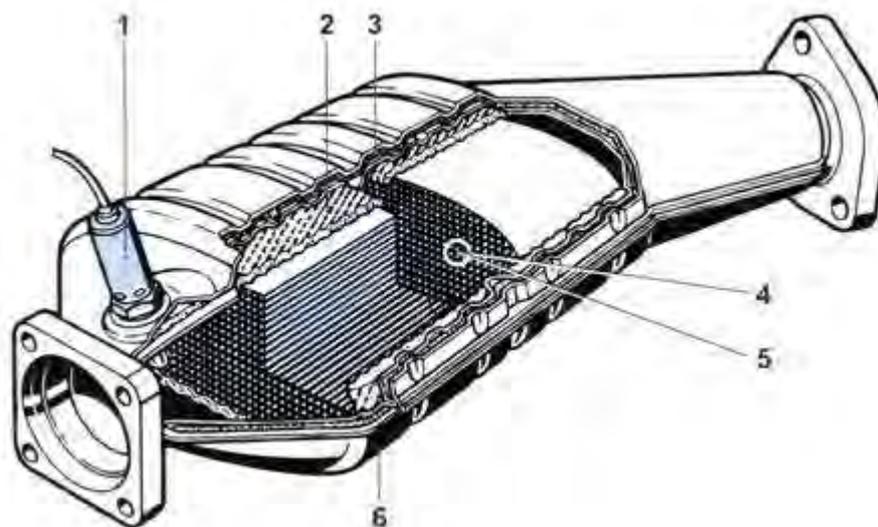
Россия следует стандартам Евросоюза по выбросам выхлопных газов, хотя их реализация отстаёт на 6-10 лет. Первым стандартом, который был официально утверждён в РФ, стал Евро-2 в 2006 г. Регламент предусматривал поэтапное ужесточение требований – от уровня Евро-2 в 2006 г. до Евро-5 в 2014 г. С 2014 г. в России стандарт топлива Евро-5 действует на все импортируемые автомобили, регламентируя нормы по выбросам: CH – до 0,05 г/км, CO – до 0,8 г/км и NO_x – до 0,06 г/км. С 2016 г. он стал применяться и на все производимые автомобили.

Стандарты Евро-5 и Евро-6 имеют одинаковые нормы максимального количества выбросов вредных веществ для автомобилей с бензиновым двигателем. Для автомобилей с дизельным двигателем стандарт Евро-5 имеет менее строгие требования: оксид азота (NO_x) не должен превышать 0,18 г/км, а углеводороды и оксиды азота (CH+NO_x) – 0,23 г/км.

I. Строение и классификация автомобильных нейтрализаторов выхлопных газов

В общем случае каталитический нейтрализатор состоит из стального корпуса 6, подложки-носителя 5 и активного каталитического покрытия из благородных металлов 4 (рисунок 1).

**Рисунок 1. Устройство трехкомпонентного автомобильного
нейтрализатора выхлопных газов**



1 – лямбда-зонд; 2 – гофрированный подстиляющий слой; 3 – теплоизолирующая двойная оболочка; 4 – абсорбционный слой с покрытием из благородных металлов; 5 – подложка-носитель; 6 – корпус нейтрализатора

Источник: обзор специализированной литературы

Каталитические нейтрализаторы отработанных газов классифицируют, прежде всего, по следующим признакам:

- **по материалу носителя** – керамический или металлический;
- **по типу** – окислительные (окисляют CO и CH до CO₂ и H₂O), восстановительные (восстанавливают азот из NO_x) и трехкомпонентные (окисляют CO, CH и восстанавливают NO_x).

Нейтрализаторы с керамическим и металлическим носителями

Распространены два типа подложки-носителя: керамические и металлические монолиты.

Керамические монолиты представляют собой пористые керамические тела из термостойкого магнево-алюминиевого силиката, пронизанные несколькими тысячами мелких каналов, по которым пропускают отработавшие газы. Несмотря на то, что керамика сделана достаточно огнеупорной (выдерживает температуру до 800-850 °С), при неисправности системы питания

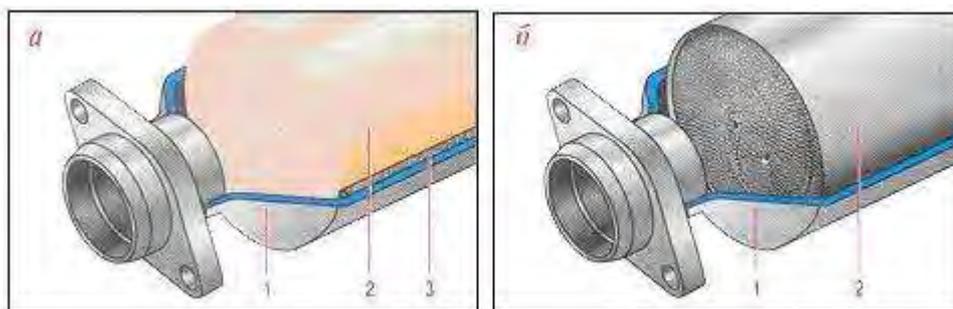
и длительной работе на переобогащенной рабочей смеси монолит может не выдержать и оплавиться, что влечет за собой выход нейтрализатора из строя.

Металлический монолит, являющийся альтернативой керамическому, изготовлен из мелкогофрированной металлической фольги толщиной 0,05 мм и закреплен методом высокотемпературной пайки. Благодаря тонкостенной структуре, на одной и той же площади размещается больше газовых каналов. Это позволяет увеличить площадь рабочей поверхности, получить меньшее противодавление, ускорить разогрев каталитического нейтрализатора до рабочей температуры и, главное, расширить температурный диапазон до 1000-1050 °С.

На поверхность каналов как керамического, так и металлического нейтрализаторов нанесен активный каталитический слой – абсорбционный слой из Al_2O_3 с покрытием из благородных металлов. Абсорбционный слой увеличивает эффективную поверхность каталитического нейтрализатора в 7000 раз. Общая площадь поверхности каталитического слоя может достигать 20 тыс. м². При этом масса катализатора, нанесенного на эту площадь, составляет всего 2-3 грамма.

Керамические автокатализаторы менее дорогие, чем металлические, однако имеют существенный недостаток – они более хрупкие. Поэтому в состав керамического автокатализатора входит эластичная термоизоляционная прокладка (рисунок 2), которая, помимо защиты от вибрации, ударов и других механических воздействий, служит для компенсации различия термического расширения корпуса и носителя. Такая прокладка может изготавливаться в виде проволочной сетки из нержавеющей термостойкой стали или из волокон силиката алюминия с добавкой слюды.

Рисунок 2. Устройство керамического и металлического автомобильных катализаторов



1 – штампованный корпус из нержавеющей стали; 2 – каталитический носитель; 3 – эластичная термоизоляционная прокладка.

а – керамический носитель; б – металлический носитель из гофрированной фольги.

Источник: обзор специализированной литературы

Ещё один неприятный момент – это керамическая пыль. Керамический блок стареющего катализатора, невзирая на его внешнюю целостность и сохранность своих основных свойств, понемногу разрушается, и появляющаяся

при этом керамическая пыль попадает в цилиндры камеры сгорания, что приводит к преждевременному их износу и, соответственно, к более раннему ремонту двигателя.

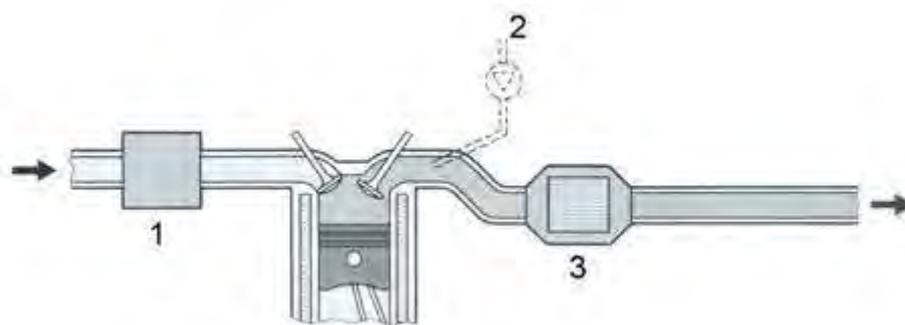
Следует отметить, что и керамический, и металлический автокатализаторы могут терять свои свойства в результате долгой работы двигателя на холостом ходу, использования некачественного или этилированного бензина, "левых" технических жидкостей для промывки топливной системы, переобогащённой топливной смеси, а также попадания в камеру сгорания масла или антифриза.

Вышеназванные факторы, помимо потери способности катализатора дожигать вредные примеси, способствуют засорению каналов, что приводит к уменьшению их общего проходного сечения, потере мощности и к перегреву самого нейтрализатора.

Окислительные, восстановительные и трехкомпонентные нейтрализаторы

В окислительных нейтрализаторах увеличиваются скорости протекания реакций преобразования CH и CO в CO_2 и H_2O , H_2 при наличии O_2 . Для работы такого нейтрализатора необходим свободный кислород. Поэтому в двигателе с искровым зажиганием перед нейтрализатором в поток отработавших газов вводят дополнительное количество кислорода (с вторичным воздухом) (рисунок 3).

Рисунок 3. Схема системы выпуска отработавших газов с окислительным каталитическим нейтрализатором



1 – дозатор топлива; 2 – насос подачи дополнительного воздуха; 3 – окислительный каталитический нейтрализатор

Источник: обзор специализированной литературы

Такие нейтрализаторы работают при температуре 300-800 °С, а в качестве катализаторов в них применяют платину и палладий. Недостаток заключается в том, что в этих условиях невозможно нейтрализовать окислы азота.

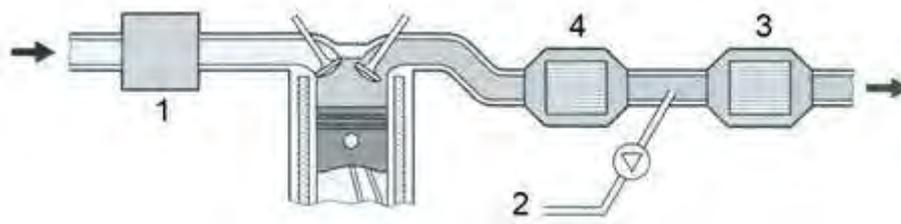
Окислительные каталитические нейтрализаторы впервые начали использоваться на автомобилях в 1975 г. в связи с введением в США норм предельной токсичности отработавших газов. В настоящее время

каталитические нейтрализаторы, работающие исключительно на принципе реакции окисления, применяют весьма редко.

В нейтрализаторах *восстановительного* типа происходят реакции превращения CH_4 , CO и NO в CO_2 , H_2O , N_2 . В качестве катализатора часто используют платину и родий.

Для восстановления NO_x необходимо создать восстановительную среду, т.е. химически связать кислород, находящийся в отработавших газах. Поэтому в восстановительном каталитическом нейтрализаторе 4 (рисунок 4) оксид азота под действием катализатора превращается в аммиак, который подвергается разложению в окислительном нейтрализаторе 3. В нем же происходит дожигание оксида углерода и углеводородов.

Рисунок 4. Схема системы выпуска отработавших газов с восстановительным и окислительным каталитическими нейтрализаторами



1 – дозатор топлива; 2 – насос подачи дополнительного воздуха; 3 – окислительный каталитический нейтрализатор; 4 – восстановительный каталитический нейтрализатор
Источник: обзор специализированной литературы

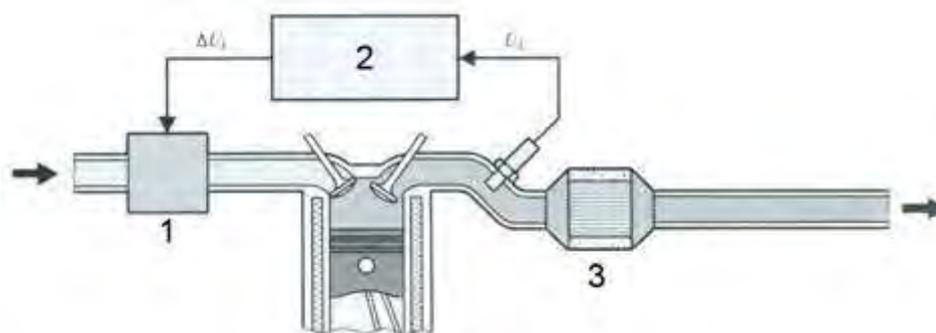
Таким образом, нейтрализаторы этого типа являются двухступенчатыми. Первая ступень восстанавливает окислы азота при дефиците кислорода, а вторая окисляет оксид углерода и углеводороды при принудительной подаче в нее воздуха.

Недостатки: двухступенчатые нейтрализаторы имеют относительно сложную конструкцию. Кроме того, использование смесей с избытком топлива, что необходимо для восстановления окислов азота, приводит к повышенному расходу топлива, а это ухудшает экономичность двигателя.

Трехкомпонентные нейтрализаторы (рисунок 5) способны одновременно поддерживать реакции окисления и восстановления токсичных компонентов, содержащихся в выхлопных газах.

В качестве катализаторов для преобразования окислов азота в азот применяют платину и родий. Для снижения температуры дожигания оксида углерода и углеводородов, кроме платины, иногда используют рутений. Реакции нейтрализации в присутствии катализаторов начинаются при температуре 250 °С. Преобразование наиболее эффективно в диапазоне температур от 400 до 800 °С.

Рисунок 5. Схема системы выпуска отработавших газов с трехкомпонентным каталитическим нейтрализатором



1 – дозатор топлива; 2 – электронный блок управления; 3 – трехкомпонентный каталитический нейтрализатор

Источник: обзор специализированной литературы

Для обеспечения работы трехкомпонентного нейтрализатора необходим стехиометрический состав топливо-воздушной смеси. При этом на 1 кг топлива должно подаваться 14,7-14,9 кг воздуха, что обеспечивает наиболее полное сгорание.

Система подачи топлива с электронным блоком управления обеспечивает стехиометрический состав горючей смеси на всех режимах работы двигателя. Управление осуществляется с использованием сигнала, генерируемого специальным датчиком кислорода (лямбда-зондом), установленным в системе выпуска.

Лямбда-зонд выдает электрический импульс на своих выходных контактах в зависимости от наличия или отсутствия кислорода в отработавших газах. Если кислород появился, смесь содержит избыток воздуха (обеднена), если кислород исчез, смесь содержит избыток топлива (обогащена). По сигналу датчика электронная система управления двигателем постоянно поддерживает смесь стехиометрического состава.

Датчики кислорода работают только при температуре не менее 300 °С. Поэтому их располагают в выпускной трубе как можно ближе к двигателю. Если это невозможно, используют датчики со встроенным электрическим нагревателем. Наиболее оптимальную регулировку процесса нейтрализации можно обеспечить при использовании двух датчиков кислорода. Один из них, как обычно, устанавливают перед нейтрализатором, а другой – за ним. Второй датчик предназначен для контроля работы системы нейтрализации.

В настоящее время обработка выхлопных газов с помощью трехкомпонентного каталитического нейтрализатора является самым эффективным методом их очистки. В среднем снижение количества вредных веществ в отработавших газах составляет более 98%.

Именно трёхкомпонентные автокатализаторы с керамическим блоком достаточно широко используются в западных странах и зарекомендовали себя как эффективные устройства со сроком службы по пробегу до 100-150 тыс. км, после чего рекомендуется замена катализатора. Эксплуатация автомобильных катализаторов в российских условиях приводит к снижению срока по пробегу до 40-50 тыс. км.

II. Сырье для производства автокатализаторов: основные поставщики и направления поставок

В общем случае исходным сырьем для производства катализаторов обычно служат соли каталитически активных металлов, золи, оксиды, природные минералы. Выбор сырья определяется составом катализатора, содержанием примесей, дефицитностью вещества и его ценой. Оно должно удовлетворять определенным требованиям: постоянство химического и фазового составов, отсутствие вредных примесей, необходимый размер частиц, нужная влажность, возможно меньшая стоимость.

Катализаторы могут быть изготовлены как на носителях с малой удельной площадью поверхности (диатомит, пемза, асбест), так и с высокопористой поверхностью (γ - Al_2O_3 , MgO, силикагель, глины, алюмосиликаты).

В качестве основного носителя для производства автокатализаторов применяют **оксид алюминия**. Активный оксид алюминия (γ - Al_2O_3) получают прокаливанием гидроксида алюминия. $\text{Al}(\text{OH})_3$ получают переосаждением глинозема в кислоте (H_2SO_4 или HNO_3) или щелочи.

Поверхность, объем и размер пор получающегося γ - Al_2O_3 зависят от кристаллической модификации исходного гидроксида, остаточного содержания в нем воды, наличия оксидов щелочных и щелочноземельных металлов, а также от условий термической обработки.

Объем пор γ - Al_2O_3 составляет 50-70%, удельная площадь поверхности – 120-150 м²/г.

В ходе производства носителей используются, в основном, получаемые из-за рубежа высокочистые порошки гидроксида алюминия и активного оксида алюминия (таблица 2).

Основным поставщиком соединений металлов платиновой группы (МПГ) в России является ОАО "Красноярский завод цветных металлов", на долю которого приходится свыше 90% отечественного производства рафинированных платиноидов.

Кроме этого, платиноиды реализует крупнейший производитель концентратов МПГ в России – ГК "Норильский никель". Два входящие в структуру "Норильского Никеля" предприятия – "Заполярный филиал" (г. Норильск) и АО "Кольская ГК" (г. Мончегорск, Мурманская обл.) отправляют получаемые гидрометаллургическим путем концентраты МПГ на "Красноярский завод цветных металлов". После аффинажа металлы возвращаются "Норильскому никелю", который реализует часть из них в России, а часть – за рубежом.

В небольших объемах соединения МПГ (в том числе из вторичного сырья) производят также АО "Екатеринбургский завод цветных металлов" (Свердловская обл.), АО "Приокский завод цветных металлов" (Рязанская обл.), АО "Кыштымский медеэлектролитный завод" (Челябинская обл.), АО "Драгцветмет" (г. Москва), ОАО "Аурат" (г. Москва) и др.