

ИССЛЕДОВАНИЯ СТЕПЕНИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЕКЛОТКАННОГО КАТАЛИЗАТОРА В ПОТОКЕ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ

*Д. А. Арендарский, к.х.н., Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН,
(РЖ СО РАН г. Новосибирск),*

*А. Г. Коротнев, к.т.н., ООО Управление механизации строительных работ (г. Владимир),
В. Л. Петров, А. Н. Немцев, ОАО «Научно-исследовательский конструкторско-технологический
институт двигателей» (ОАО НИКТИД, г. Владимир),*

*А. Р. Кульчицкий, к.т.н., Ю. И. Честнов, ОАО Владимирский тракторный завод
(ОАО ВТЗ, г. Владимир)*

Для снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигатели оснащаются нейтрализаторами, которые нашли широкое применение с активными элементами на основе металлов платиновой группы.

В приведенном исследовании изучалась эффективность платиновых промотированных катализаторов на носителе из стекловолоконной ткани с удельной поверхностью 0,2–7,0 м²/г. Преимуществом таких элементов является простота изготовления при эффективности сопоставимой с эффективностью элементов на блочном металлическом носителе.

Фильтрующие свойства стеклотканного активного элемента снижают его эффективность из-за накапливающейся в нем сажи.

Catalytic converters are used to reduce contents of toxic components in engine exhaust gases. Among the most widespread are catalysts with platinum group metals.

These authors tested platinum promotor catalysts on glass fabric substrate 0.2 to 7.0 m²/g in density. Such catalysts are very simple in manufacturing, while being comparable in efficiency with those on modular metallic substrate.

It should be noted, however, that filtering capacity of glass fabric substrate results in catalyst efficiency decreasing with time because of soot accumulation.

В последние 10 лет законодательство в области экологии резко ужесточило нормы на выбросы вредных веществ (ВВ) с отработавшими газами (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Поэтому в настоящее время работам по совершенствованию экологических показателей ДВС уделяется первостепенное значение. Снижение выбросов ВВ с ОГ ДВС возможно как за счет воздействия на процесс образования ВВ, т. е. в ходе рабочего процесса, так и за счет воздействия на указанные вещества, находящиеся уже в ОГ. В последнем случае прибегают к применению дополнительных устройств обработки ОГ — нейтрализаторам. При этом никакого влияния на конструкцию и регулировки двигателя не оказывается. Исключение составляет показатель сопротивления потоку ОГ — если указанное сопротивление превышает допустимые пределы для данного типа двигателя, то произойдет падение мощности, ухудшение экономичности, а также — увеличение эмиссии продуктов неполного сгорания: оксида углерода СО, суммарных углеводородов СН и сажи.

Наиболее широкое применение нашли нейтрализаторы каталитического типа. В качестве активного элемента в нейтрализаторах данного типа применяют либо благородные металлы платиновой группы, либо так называемые промотированные катализаторы — соединения оксидов металлов (промоторов) с небольшим (до 0,3%) количеством благородных металлов, либо материалы на основе природных минералов.

В проведенном исследовании изучалась эффективность промотированных катализаторов, изготовленных согласно патенту РФ № 2186621. В качестве носителя активного компонента использовалась стекловолоконная ткань из силикатного стекла с удельной поверхностью 0,2–7,0 м²/г. В качестве активного элемента использована платина в количестве 0,001–0,3 % и дополнительно промотор, представляющий собой соединение одного или нескольких элементов из группы, включающей алюминий, железо, кремний, титан, церий, лантан, молибден и/или их оксиды в количестве 0,001–0,5 %.

В ходе испытания использовалось полотно двух типов плетения: 12×12 нитей на 1 см^2 («сатин») и 5×5 нитей на 1 см^2 («ажур»). Критерием оценки работоспособности стеклотканного катализатора являлись:

а) активность нейтрализации нормируемых ВВ, определяемая для каждого компонента по соотношению:

$$\eta_W = [(W_{\text{до}} - W_{\text{после}}) / W_{\text{до}}] \times 100, \%,$$

где: $W_{\text{до}}$ — концентрация вещества, измеренная в потоке ОГ до нейтрализатора; $W_{\text{после}}$ — концентрация вещества, измеренная в потоке ОГ после нейтрализатора;

б) величина сопротивления потоку ОГ Δp , создаваемая нейтрализатором.

В качестве источника ОГ использовался тракторный дизель 4ЧН11/13 эксплуатационной мощностью 81 кВт при $n = 1800$ об/мин. Дизель по уровню удельных выбросов газообразных составляющих с ОГ (NO_x , CO, CH) соответствовал нормативным требованиям этапа 1 Правил ЕЭК ООН № 96. Испытываемый нейтрализатор со стеклотканным катализатором устанавливался после турбины турбокомпрессора. В процессе испытаний измерялись перепад давлений до и после нейтрализатора, а также общее сопротивление ОГ после турбины. Концентрация ВВ и дымность ОГ измерялись путем переключения пробоотборных магистралей, расположенных до и после нейтрализатора с помощью трехходового крана.

Одним из факторов, определяющим габариты нейтрализатора, является расположение стеклотканного катализатора относительно потока ОГ. Ткань можно располагать по отношению к потоку ОГ либо параллельно, когда поток ОГ проходит вдоль плоскости полотна с обеих сторон, либо перпендикулярно.

При параллельном расположении стеклотканного полотна габариты нейтрализатора небольшие, так как свернутая в рулон ткань занимает минимум места в корпусе. При этом получается компактный нейтрализатор, имеющий большую поверхность стеклотканного катализатора. Для лучшего прохождения ОГ ткань при сворачивании была переложена гофрированной металлической фольгой.

Эффективность нейтрализации CO и CH составила 5%. Сопротивление ОГ в выпускной системе дизеля с тканью «сатин» размером $20 \times 100 \text{ см}^2$ достигало на номинальном режиме величины $\Delta p = 2250$ мм вод. ст. (по ТУ на дизель эта величина не должна превышать 1000 мм вод. ст.). Кроме того, сопротивление ОГ по мере работы (на режиме полной нагрузки) постоянно возрастало. При вскрытии корпуса нейтрализатора каналы, образованные гофрированной фольгой и тканью для прохождения ОГ, оказались забиты сажей. Увеличение шага и высоты гофры привели к снижению сопротивления выпускной системы, однако эффективность нейтрализации ВВ не изменилась.

Для организации прохождения ОГ перпендикулярно относительно расположения стеклотканного катализатора была разработана конструкция нейтрализатора, в корпусе которого помещалась стальная тонкостенная труба диаметром 163 мм и длиной 330 мм. Боковая поверхность трубы была перфорирована отверстиями диаметром 5 мм, общая площадь перфорации составила 266 см^2 (рис. 1). Конец перфорированной трубы был заглушен для того, чтобы ОГ проходили через отверстия перфорации равномерно по всей длине трубы. Перед испытаниями стеклотканный катализатор наматывался на этот каркас. Результаты испытаний приведены в таблице.

Сопоставляя экспериментальные данные, можно отметить, что наибольшая активность стеклотканного катализатора по обоим компонентам наблюдается тогда, когда ОГ двигателя проходят через несколько слоев ткани (опыты № 3 и 4). Увеличение площади стеклотканного полотна при постоянном проходном сечении нейтрализатора приводит к увеличению активности нейтрализатора (опыты № 2 и 3). Активность нейтрализации выбросов оксида углерода пропорциональна площади стеклотканного катализатора (опыты № 1, 2, 3 и 5). Проведенные опыты показывают, что при проектировании нейтрализатора площадь стеклотканного катализатора (ткань типа «ажур») должна быть больше выходного сечения выпускной системы дизеля примерно в 20 раз. Плотное плетение полотна типа «сатин» при использовании в нейтрализаторе создает повышенное сопротивление ОГ в выпускной системе дизеля.

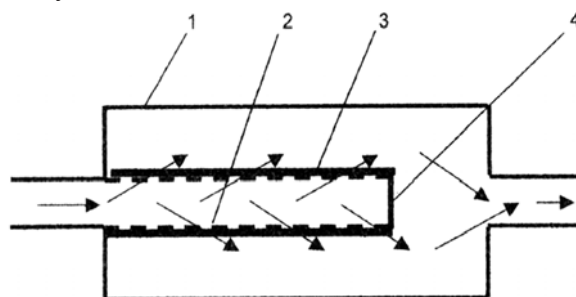


Рис. 1. Схема нейтрализатора для испытаний стеклотканного катализатора:

1 — корпус нейтрализатора; 2 — перфорированная труба; 3 — стеклотканное полотно; 4 — заглушенный торец перфорированной трубы

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СТЕКЛОТКАННОГО КАТАЛИЗАТОРА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЯ 81 КВт И ЧАСТОТЕ ВРАЩЕНИЯ $N = 1800$ ОБ/МИН

№ комплекта-ции	Конструкция нейтрализатора	Тип ткани стеклотканного катализатора	Суммарная площадь проходного сечения нейтрализатора, см ²	Количество нитей катализатора длиной 1 см, через которую проходят ОГ, шт.	Количество слоев ткани	Скорость потока ОГ через катализатор, м/с	Активность нейтрализатора, %		Сопротивление выпускной системы дизеля, мм вод. ст.
							по суммарным СО	по СН	
1	Рис. 1	«Сатин»	266	38304	1	4,97	51	62	1400
2	То же	«Ажур»	266	16625	2,5	4,97	58	42	900
3	— «—	То же	266	23275	3,5	4,97	76	67	1500
4	— «—	— «—	133	16625	5	9,94	73	66	1500
5	Труба; внутренний диаметр 120 мм	— «—	113	5652	2	11,7	57	7,4	1200

Активность катализатора по оксидам азота и дымности ОГ при любых комплектациях осталась без изменения. Дальнейшие эксперименты проходили с нейтрализатором в комплектации № 2, так как такой нейтрализатор имел наименьшее сопротивление и приемлемую активность по СН и СО.

Активность катализатора в значительной степени зависит от температуры, в связи с чем были сняты нагрузочные характеристики при частотах вращения коленчатого вала дизеля 1000, 1350 и 1800 об/мин (рис. 2).

Максимальная величина активности нейтрализации углеводородов стеклотканным катализатором наблюдается при 1000 об/мин и составляет 98%, при 1350 об/мин — 80%, а при 1800 об/мин — 59%, т. е. чем меньше ОГ проходит через единицу площади стеклотканного полотна, тем выше активность нейтрализатора по СН. Реакция начинается при минимальной температуре ОГ дизеля, которая на режиме холостого хода составляет 130 °С. По мере роста температуры активность стеклотканного катализатора повышается.

Реакция окисления оксида углерода начинается при температурах ОГ, превышающих 200 °С (или нагрузках двигателя, превышающих 50%). При возрастании температуры активность окисления СО также возрастает. Наибольшая эффективность нейтрализации СО была достигнута при работе дизеля на режиме 1350 об/мин, когда наблюдалась наибольшая температура.

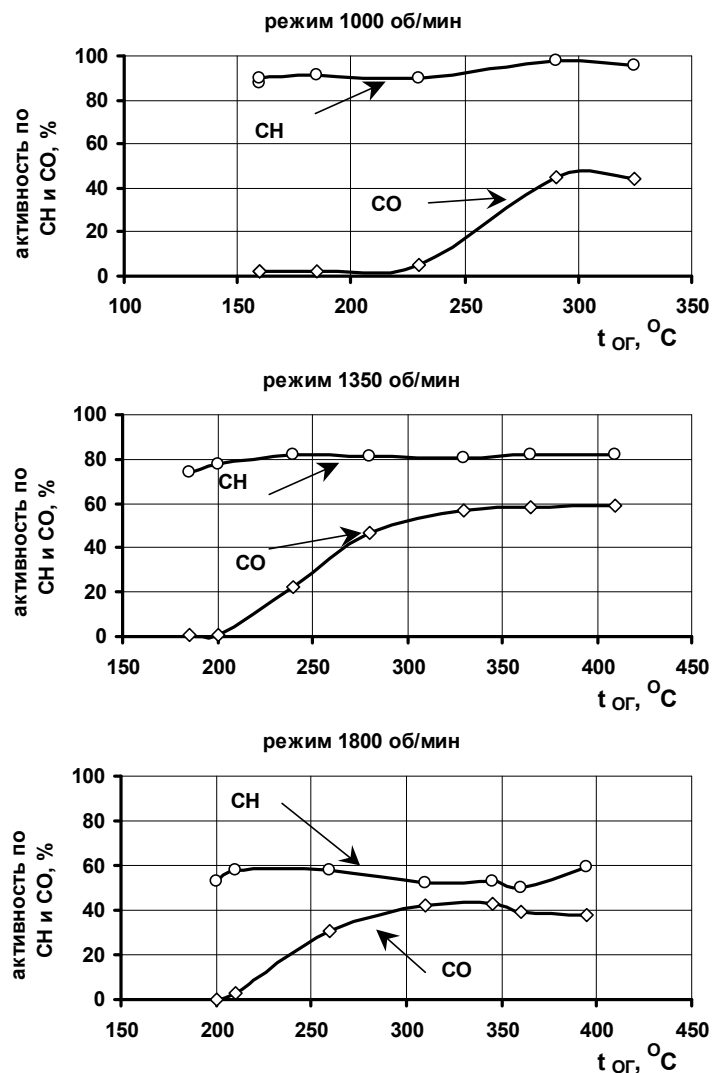


Рис. 2. Изменение активности работы нейтрализатора с двумя слоями стеклотканного катализатора типа «ажур» от температуры ОГ перед нейтрализатором при частотах вращения коленчатого вала дизеля 4ЧН11/13 1000, 1350 и 1800 об/мин

Для повышения эффективности работы нейтрализатора со стеклотканым катализатором, сохранения высокой температуры желательнее его располагать непосредственно за турбиной ТКР, а внешний корпус — хорошо теплоизолировать.

ВЫВОДЫ

1. При использовании для нейтрализации ВВ, содержащихся в отработавших газах, катализаторов в виде стеклотканного полотна необходимо организовать движение потока ОГ перпендикулярно расположению стеклотканного катализатора.

2. Для получения приемлемого сопротивления ОГ в выпускной системе дизеля стеклотканная ткань катализатора должна иметь редкий тип плетения (5×5 нитей на 1 см^2 — «ажур»). При установке в нейтрализатор ткани плотного плетения (12×12 нитей на 1 см^2 — «сатин») в системе вы-

пуска ОГ двигателя резко возрастает сопротивление.

3. Для получения эффективной нейтрализации суммарных СН и СО с помощью стеклотканного катализатора необходимо использовать полотно площадью, превышающей площадь выходного сечения системы выпуска в 20 раз.

4. Активность работы катализатора по обоим компонентам обратно пропорциональна количеству ОГ, проходящих через стеклотканый катализатор и прямо пропорциональна количеству слоев и площади поверхности стеклотканного катализатора.

5. В разработанном стеклотканном катализаторе нейтрализация суммарных СН наблюдается при температурах ОГ свыше $130 \text{ }^\circ\text{C}$, а нейтрализация СО — при температурах, превышающих $200 \text{ }^\circ\text{C}$. Эффективность реакции нейтрализации по обоим компонентам возрастает по мере роста температуры.

С прискорбием извещаем о смерти

Вегеры Николая Леонтьевича,

последовавшей 15 мая сего года на девяносто четвертом году жизни после тяжелой болезни,

бывшего Главного конструктора завода транспортного машиностроения, а в последние годы и до конца своих дней

профессора Алтайского Государственного Технического Университета им. И. И. Ползунова

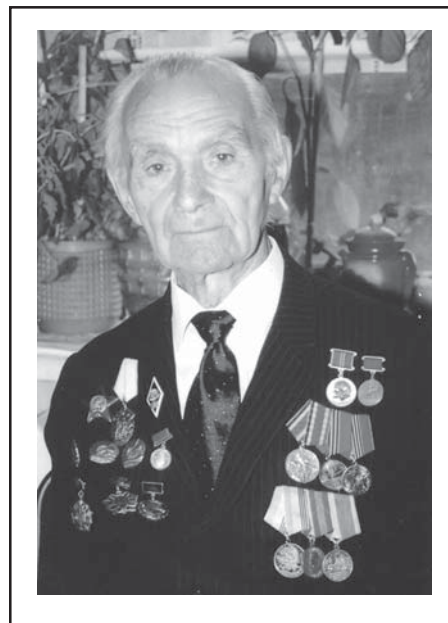
Николай Леонтьевич Вегера родился 3 мая 1912 г. в г. Киеве. После окончания автодорожного техникума в 1932 г. начал свою трудовую деятельность в НИИ авиадвигателей. В 1938 г. окончил Киевский авиационный институт гражданского флота, после чего работал на различных заводах оборонной промышленности Киева, Харькова, Волгограда.

В 1942 г. вместе с заводом был эвакуирован в г. Барнаул, где был создан завод по выпуску танковых дизелей (ныне ОАО ХК «Барнаултрансмаш»). На этом заводе Вегера Н.Л. проработал в разных должностях с 1942 по 1973 годы (с 1957 г. — главным конструктором).

При его участии и непосредственном руководстве создано семейство 6- и 12-цилиндровых дизелей для тягачей, судов, дизельных генераторных установок. За создание семейства дизелей типа Д6 в 1949 г. Вегере Н.Л. присвоено звание Лауреата Государственной премии.

С 1973 г. Вегера Н.Л. работал доцентом кафедры ДВС Алт-ГТУ, в 1992 г. был избран на должность профессора. Читал лекции по введению в специальность, стандартизации, конструированию и расчету ДВС, руководил курсовым и дипломным проектированием. Большой конструкторский опыт, знание особенностей эксплуатации двигателей щедро передавал молодым сотрудникам и студентам. За успехи в научно-педагогической работе ему было присвоено звание «Почетный работник высшего образования».

Творческая, самоотверженная деятельность Н.Л. Вегеры была отмечена орденами, медалями и нагрудными знаками.



Коллектив ОАО ХК «Барнаултрансмаш»