

# ВЛИЯНИЕ ТУРБУЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ НА КАЧЕСТВО ИХ ОЧИСТКИ В КАТАЛИТИЧЕСКОМ НЕЙТРАЛИЗАТОРЕ

А.А. Новоселов, А.Л. Новоселов, Д.С. Печенникова

*Исследовано влияние турбулизации отработавших газов дизеля на качество их очистки в каталитическом нейтрализаторе. Показано, что турбулизация приводит к снижению выбросов продуктов неполного сгорания: оксида углерода, углеводородов и твердых частиц.*

*Ключевые слова: турбулизация, отработавшие газы, каталитический, нейтрализатор.*

На качество очистки отработавших газов дизелей в каталитическом нейтрализаторе с пористыми СВС - блоками существенное значение может оказать турбулизация газов за счет организации взаимодействия газов с поверхностями катализаторов, захвата твердых частиц шероховатыми стенками извилистых пор. Это влияние на качество очистки отработавших газов дизелей в каталитических нейтрализаторах отмечалось в целом ряде работ, в том числе в [1]. Однако подробная информация по результатам испытаний так и осталась ограниченной. Авторами настоящей работы изучено влияние турбулизации потока отработавших газов на впуске в реактор нейтрализатора на качество очистки отработавших газов в каталитических СВС - блоках (блоках полученных с применением самораспространяющегося высокотемпературного синтеза).

На входе в многоступенчатый каталитический нейтрализатор с СВС - блоками устанавливался завихритель отработавших газов. Расход отработавших газов через каталитический нейтрализатор определялся по выражению:

$$V_{OG} = 4,148 \cdot 10^{-3} \cdot (G_T \cdot T_K / P_K) \times (\alpha + 0,0675), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где  $G_T$  - часовой расход топлива, кг/ч;  $T_K$  - температура воздуха после ТКР дизеля, °К (без ТКР -  $T_K = T_0$ );  $P_K$  - давление надвучного воздуха, МПа (без ТКР -  $P_K = P_0$ );  $\alpha$  - коэффициент избытка воздуха.

Размер завихрителя, состоящего из внешнего, внутреннего колец соответственно диаметров  $D_2$  и  $D_1$  и лопаток между ними выбирался таким образом, чтобы скорость газов на выходе из завихрителя находилась в пределах 20...25 м/с при прохождении 35...40% газов от общего расхода  $V_{OG}$ , переведенного в массовый  $G_{OG}$ .

Расход газов через завихритель в кг/ч составлял:

$$G_{OG_{зав}} = (0,35...0,40) G_{OG}. \quad (2)$$

Скорость отработавших газов на выходе из завихрителя в м/с:

$$v_{OG_{зав}} = G_{OG_{зав}} / (3600 \cdot 0,785 \times (D_2^2 - D_1^2) \cdot \sin \alpha_n \cdot \rho_{OG}), \quad (3)$$

где  $\alpha_n$  - угол установки лопаток завихрителя (60°);  $\rho_{OG}$  - плотность отработавших газов, кг/м<sup>3</sup>.

Энергия вихря закрученного (турбулизированного) потока отработавших газов  $E_B$  была определена с помощью термоанемометра для 1900, 1500 и 1100 мин<sup>-1</sup> и составила соответственно при расходе газа 89,3; 61,8; 36,3 Н·м/с. Отдельно в дальнейшем при снятии внешних скоростных и нагрузочных характеристик, энергия вихря после завихрителя потока отработавших газов на впуске в нейтрализатор не оценивалась экспериментально, а определялась по тарировочному графику.

Турбулизация реагентов вблизи катализаторов сама по себе полезна уже тем, что способствует возникновению циркуляционных областей, интенсификации обменных процессов. Недостатком такой турбулизации газов является то, турбулентность потока сохраняется лишь до пористых проницаемых стенок первого каталитического блока (в нашем случае - пористого фильтра твердых частиц). Из этого следует, что на процессы очистки газов турбулизация может влиять лишь на одном участке (ступени) нейтрализации.

Эффективность каталитической очистки отработавших газов дизеля 6Ч 15/18 по внешней скоростной характеристике при осуществлении турбулизации потока на входе в нейтрализатор представлена на графиках рисунка 1 и по нагрузочной характеристике при 1900 мин<sup>-1</sup> при осуществлении турбулизации потока на входе в нейтрализатор представлена на графиках рисунка 2, где

представлены результаты определения влияния турбулизации потока газов на впуске в каталитический нейтрализатор на массовые выбросы  $NO_x$ ,  $C_xH_y$ ,  $CO$  и  $ТЧ$ .

Оценочные показатели удельных выбросов вредных веществ приведенные в таблице 1. Из данных видно, что влияние турбулизации с энергией  $E_B = 36,3...89,3$  Н·м/с проявляется на фильтрации и дожигании твердых частиц, в результате чего выбросы  $ТЧ$  снижаются в 1,4 раза. Снижение выбросов:  $CO$  и  $C_xH_y$  проявляются через увеличение доступности к катализаторам в следствии снижения выбросов  $ТЧ$ .

Данные говорят о том, что в случае применения с турбулизацией потока нормы

вредных выбросов с отработавшими газами дизеля не выполняются, по нормам ЕВРО-3, ЕВРО-4 и ЕВРО-5 в полном объеме. При этом обращает на себя внимание кратности превышения норм. Так нормы ЕВРО-3 по выбросам: твердых частиц - удовлетворяются с запасом; углеводородов - практически удовлетворяются; оксида углерода и оксидов азота полностью не удовлетворяются. Превышение норм ЕВРО - 4 и ЕВРО - 5 значительное и может быть преодолено лишь совершенствованием рабочего процесса дизеля с сохранением эффективности каталитической очистки при турбулизации потока газов на впуске в нейтрализатор.

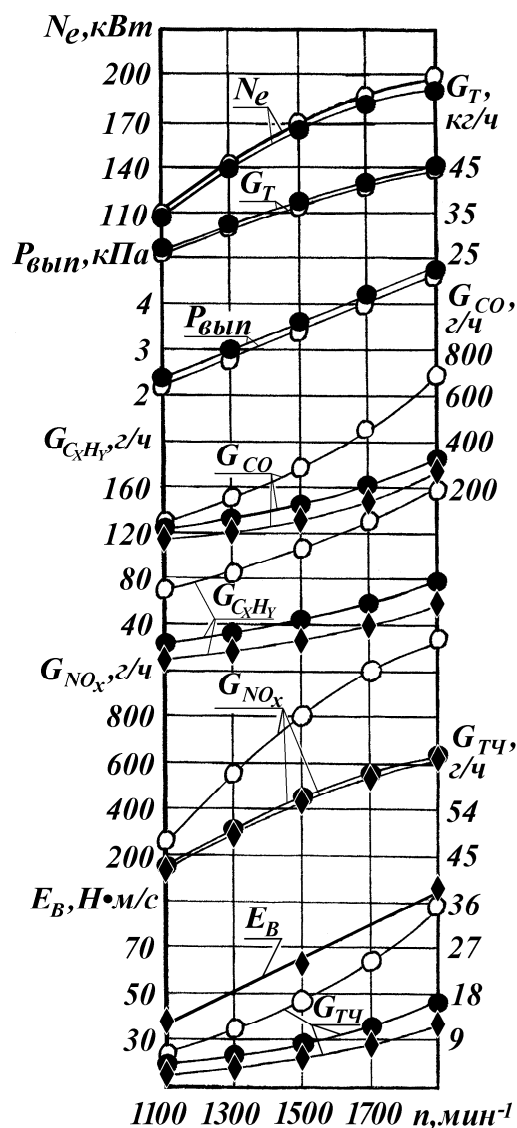


Рисунок 1. Эффективность каталитической очистки отработавших газов дизеля 6Ч 15/18 по внешней скоростной характеристике; ○ - без КН; ● - с КН; ◆ - турбулизация потока газов на впуске в КН

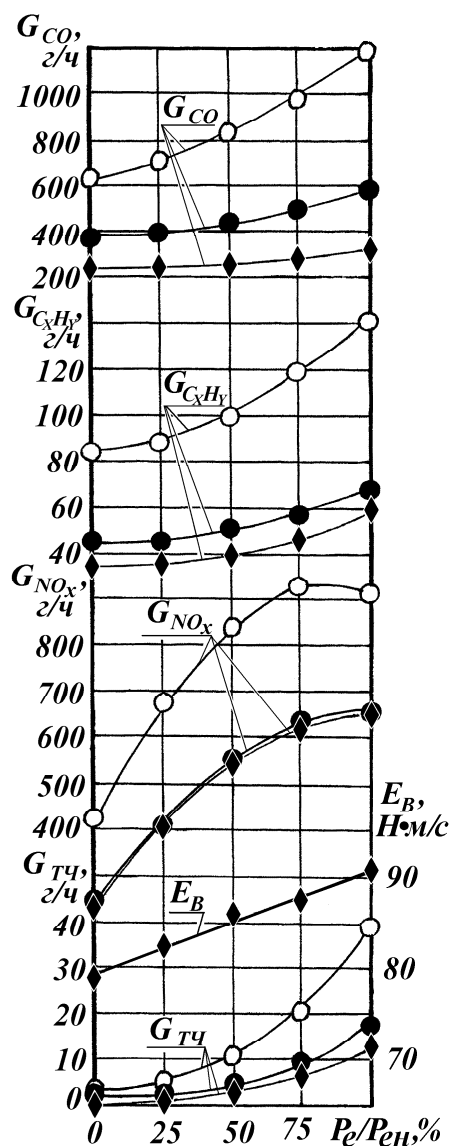


Рисунок 2. Эффективность каталитической очистки отработавших газов дизеля 6Ч 15/18 по нагрузочной характеристике при 1900 мин<sup>-1</sup>; ○ - без КН; ● - с КН; ◆ - турбулизация потока газов на впуске в КН.

# ВЛИЯНИЕ ТУРБУЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ НА КАЧЕСТВО ИХ ОЧИСТКИ В КАТАЛИТИЧЕСКОМ НЕЙТРАЛИЗАТОРЕ

Таблица 1

Влияние турбулизации потока газов перед каталитическим нейтрализатором на качество очистки отработавших газов дизеля 6Ч 15/18

Оценочные показатели вредных выбросов	Величины оценочных показателей, г/(кВт · ч)						Кратность превышения норм ЕВРО-3, ЕВРО-4, ЕВРО-5
	Допустимые уровни			Выбросы веществ			
	ЕВРО-3	ЕВРО-4	ЕВРО-5	Без КН	С КН	Турбулизация газов перед КН	
q <sub>оц</sub> , NO <sub>x</sub>	5,00	3,500	2,00	10,29	6,61	6,61	1,32/1,88/3,30
q <sub>оц</sub> , СО	2,10	1,50	1,50	10,85	5,87	3,84	1,83/2,56/2,56
q <sub>оц</sub> , С <sub>x</sub> Н <sub>y</sub>	0,60	0,46	0,25	1,53	0,816	0,65	1,08/1,41/2,60
q <sub>оц</sub> , ТЧ	0,10	0,02	0,02	0,219	0,092	0,065	0,65/3,25/3,25

Таблица 2

Значения удельного нормообъема при оценке токсичности отработавших газов дизеля 6Ч 15/18 и турбулизации потока газов перед каталитическим нейтрализатором

Условия испытаний	Значение нормообъема, н м <sup>3</sup> / (кВт·ч)				
	U <sub>NOx</sub>	U <sub>CO</sub>	U <sub>CxHy</sub>	U <sub>ТЧ</sub>	U <sub>Σ</sub>
Дизель с КН	1322	293,5	2,86	23	1641
Турбулизация потока газов на впуске в КН	1320	192	2,17	16,25	1530
Доля, %	86,27	12,55	0,14	1,04	100

В результате испытаний дизеля по внешней скоростной характеристике в диапазоне 1100...1900 мин<sup>-1</sup> обнаружены закономерности изменения выбросов оксидов азота, углеводородов, оксида углерода и твердых частиц (рисунок 1). Здесь же показаны результаты очистки отработавших газов в каталитических блоках нейтрализатора, в том числе, с турбулизацией потока на впуске. Наибольшая эффективность очистки характерна для твердых частиц, поскольку дальше турбулизация потока гасится пористыми проницаемыми стенками.

В результате испытаний дизеля по нагрузочной характеристике при 1900 мин<sup>-1</sup> обнаружены закономерности изменения выбросов NO<sub>x</sub>, СО, С<sub>x</sub>Н<sub>y</sub>, и ТЧ (рисунок 2). Здесь же показаны результаты очистки отработавших газов в каталитических блоках нейтрализатора, в том числе, с турбулизацией потока на впуске.

На наш взгляд необходимо бы было вводить турбулизацию потока газов между блоками очистки. Однако это приведет к значительному увеличению габаритов корпуса нейтрализатора и к повышению противодавления на выпуске дизеля, что, в свою очередь приведет к увеличению коэффициента остаточных газов, к снижению коэффициента наполнения и ухудшению процесса сгорания. Эта обратная связь нейтрализатора и дизеля приведет к увеличению уровней вредных вы-

бросов.

Оценка дизеля с каталитическим нейтрализатором по показанию удельного эксплуатационного нормообъема приведена в таблице 2. Показатель удельного приведенного эксплуатационного нормообъема численно характеризует количество воздуха, необходимого для разбавления отработавших газов до безвредных концентраций их компонентов.

Из этого следуют выводы:

1. Турбулизация потока отработавших газов на впуске в каталитический нейтрализатор способствует улучшению качества очистки в металлокерамических фильтрах от твердых частиц на 30%;

2. Турбулизацию потока газов полезно производить перед ступенями очистки в целях возникновения циркуляционных областей и интенсификации обменных процессов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев Г.В., Новоселов А.Л., Горбачев А.В. // Проблемы совершенствования энергетических установок: Сб. статей. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. - С. 83 - 90.
2. Новоселов А.Л., Стопорева Т.А., Грабовская Н.Н. // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2008. - № 1. - С.194 - 197.