

Таким образом, авторами предлагается новая технология очистки СВ, состоящая из следующих процессов:

- флотация с коагуляцией,
- ультразвуковая кавитация,
- фильтрация,
- УФ – очистка

*А.С. Курников, Ю.П. Пронин*  
ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

## **РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ОЧИСТКИ ГАЗОВ**

Рассмотрены методы снижения антропогенной нагрузки судовых дизелей на окружающую среду. Выбраны наиболее перспективные, приведена схема установки очистки отработавших газов, позволяющая повысить экологические показатели судовых дизелей.

Отработавшие газы содержат комплекс вредных примесей, выделение которых в атмосферу нежелательно и регламентируется соответствующими требованиями к экологической безопасности судов. Установлено наличие следующих вредных компонентов в отработавших газах: окиси углерода (СО), углеводородов (НС), оксидов азота (NO<sub>j</sub>), свинца (РЬ) и его соединений, диоксида серы (SO<sub>j</sub>), твердых частиц (копоть). Каждая из этих примесей оказывает определенное вредное влияние на здоровье человека. Например, совершенно безобидный азот, не вступающий при нормальных условиях в реакцию с кислородом, в условиях воздействия высокой температуры и высокого давления в процессе сгорания топлива образует окись азота (NO). После выхода из выхлопной системы окись азота вступает в реакцию с кислородом воздуха с образованием нестойкого диоксида азота (NO<sub>j</sub>), а затем – устойчивых соединений с разным содержанием элементов в молекуле и поэтому обозначаемых как (NO<sub>x</sub>). При высоких концентрациях оксиды азота вызывают раздражение органов дыхания, а при длительном вдыхании наступает необратимое разрушение легочной ткани. Внешние признаки наличия в атмосфере высокой концентрации оксидов азота проявляется в образовании смога. Оксиды азота формируются в основном на «жестких» режимах работы двигателя. При обеднении смеси их концентрация в выхлопных газах падает (понижается температура процесса горения), при увеличении угла опережения впрыска концентрация повышается (возрастает температура в камере сгорания).

Существует несколько методов снижения антропогенной нагрузки судовых дизелей, таких как:

- 1) внесение изменений в конструкцию дизеля:
  - форма камеры сгорания;
  - автоматическое регулирование параметров;
  - типы фарсунок и т.д.
- 2) добавление воды:
  - прямой впрыск воды в цилиндры;
  - водотопливная эмульсия;
  - впрыск воды во впускной трубопровод и т. д.
- 3) изменение характеристик топлива:
  - состав и сорт топлива;
  - уменьшение сернистости топлива;
  - переход на природный газ и т. д.
- 4) очистка ОГ:

- установка катализаторов;
- циклонно пенный аппарат (ЦПА);
- скрубберы и др.

5) воздух:

- рециркуляция ОГ;
- обогащение кислородом воздушного заряда;
- предварительное насыщение топлива воздухом и т.д.

Рассмотрим очистку и рециркуляцию ОГ как наиболее применяемые методы.

Существенно снизить выброс в атмосферу вредных продуктов сгорания, образовавшихся в результате работы дизеля, можно с помощью нейтрализаторов ОГ. Все нейтрализаторы делятся на два вида: селективные и неселективные. Селективные нейтрализаторы снижают концентрацию лишь одного токсичного компонента ОГ, как правило,  $\text{NO}_x$ .

Неселективные термические (окислительные) и каталитические (восстановительно-окислительные) нейтрализаторы снижают концентрацию двух или трех компонентов ( $\text{HC}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ).

Окислительный нейтрализатор непосредственно не оказывает никакого влияния на концентрацию  $\text{NO}_x$  в ОГ. Но благодаря его высокой эффективности по снижению  $\text{HC}$ , имеется возможность уменьшить угол опережения подачи топлива.

Для предотвращения отрицательного воздействия аэрозольных составляющих ОГ на работоспособность нейтрализаторов, ОГ необходимо предварительно очищать от этих примесей. Основным компонентом твердых частиц в ОГ является сажа. Перспективными устройствами для улавливания сажи могут выступать различные фильтры, встроенные в газовыпускной тракт двигателя. Таких как циклонно-пенный аппарат (ЦПА) и различные скрубберы.

Перепуск части ОГ во впускной коллектор достаточно хорошо зарекомендовал себя как дополнительный способ снижения выбросов окислов азота с ОГ. Рециркуляция выхлопных газов снижает пиковую температуру сгорания топлива за счет введения негорючего газа в состав топливной смеси при определенных режимах работы двигателя, а понижение температуры способствует снижению концентрации оксидов азота в выхлопных газах.

Необходимо учитывать, что при слишком большой степени рециркуляции (большой объем ОГ поступает во впускной коллектор, при котором наступает сильный недостаток кислорода) возрастают выбросы углеводородов  $\text{CH}$ , окиси углерода  $\text{CO}$  и сажи.

При превышении интенсивности рециркуляции более 20 % резко возрастает содержание углеводородов в ОГ. Одновременно с этим увеличивается выброс твердых частиц (сажи), но в значительно меньшей степени. Поэтому рециркуляция ОГ требует оптимального и точного регулирования с целью ограничения выбросов углеводородов и твердых частиц. Так же необходимо учесть, что при большой интенсивности рециркуляции заметно ухудшается топливная экономичность двигателя.

Применение (9...11)% рециркуляции ОГ снижает  $\text{NO}_x$  на 28% без существенного уменьшения расхода топлива. Нами предложен способ увеличения доли рециркуляции, который позволит уменьшить количество выбросов ОГ в атмосферу и создать искусственную газовую смесь для рециркуляции. Система работает следующим образом (рис. 1). Охлажденные в теплообменнике ОГ дизеля поступают в ЦПА, где проходят сквозь слой вспененного католита. В ЦПА они очищаются от сажи, твердых частиц и оксидов серы, насыщаются парами воды. Далее обработанные ОГ перепускаются во впускной коллектор через эжектор, который примешивает к ним кислород из электролизера, создавая тем самым искусственную газовую смесь. Это позволяет значительно увеличить процент рециркуляции вплоть до 35%.

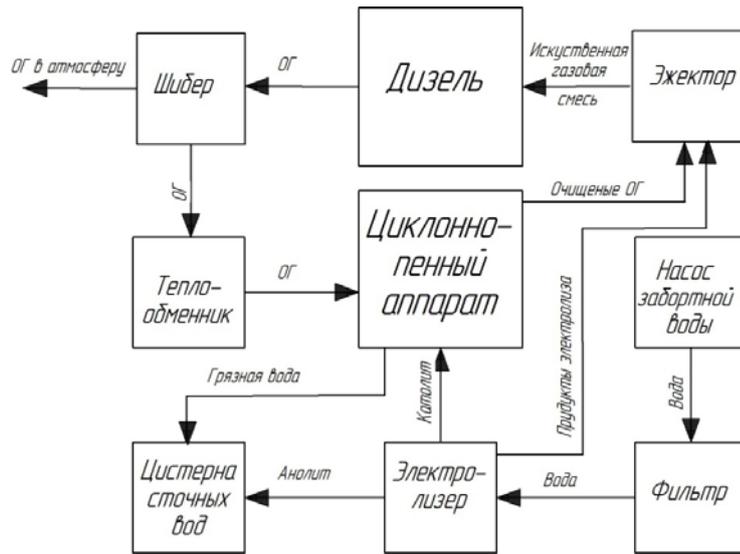


Рис. 1. Схема рециркуляции ОГ с очисткой в циклонно-пенном аппарате

А.С. Курников, Е.А. Черепкова  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КАВИТАТОРА

Рассматривается вопрос проблематики проектирования конструктивных параметров кавитатора.

Для дальнейшего исследования выбираем конструкцию гидродинамического кавитатора с тороидальной камерой представленного на рис. 1.

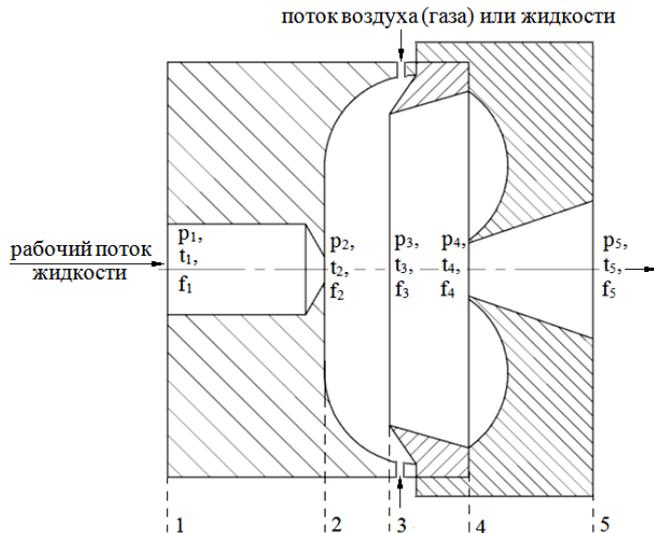


Рис. 1. Схема гидродинамического кавитатора