

АННОТАЦИЯ

**диссертации на соискание ученой степени доктора философии PhD
по специальности 6D071300 – «Транспорт, транспортная техника и
технологии»**

Пак Игорь Анатольевич

**Разработка методики расчета и конструкции устройства для утилизации
отработавших газов городских автобусов**

Актуальность

В крупных городах с большим транспортным потоком остро стоит вопрос загазованности выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания транспортных средств. В зоне автобусных остановок, на перекрестках, где наблюдается большое скопление транспортных средств общего пользования, происходит наиболее интенсивное загрязнение воздуха продуктами сгорания, и соответственно фиксируется наибольшая концентрация токсичных и загрязняющих компонентов отработавших газов, что негативно сказывается на здоровье людей. Значительная часть городских автобусов оснащены дизельными двигателями, основным токсичным компонентом выхлопных газов которого являются окислы азота и загрязняющим компонентом – сажа, содержащая канцерогенное вещество бензпирен. Кроме того, твердые частицы сажи размером менее 2,5 мкм и особенно ультрадисперсные твердые частицы могут вызывать у людей не только бронхо-лёгочные, но и неврологические заболевания, включая мигрень, головную боль, церебросердечный инсульт, болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона и другие формы деменции.

Наибольший выброс сажи происходит во время запуска, прогрева двигателя и при увеличении нагрузки на двигатель, например при трогании с места, разгоне, движении на подъем из-за поступления большего количества топлива, способствующего неравномерному микрораспределению его по объему камеры сгорания. Часть топлива сгорает сразу же после испарения с поверхности капель и повышает степень концентрации сажи в отработавших газах.

В мировой практике наметилась тенденция рассмотрения сажи как вторичного материального ресурса (технический углерод) с использованием ее для нужд шинной промышленности.

Утилизация отработавших газов рассматривается в основном как рециркуляция и использование тепловой энергии отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Имеются также разработки ученых по использованию отработавших газов в сельском хозяйстве в качестве удобрения.

Известен метод очистки газов промышленных предприятий коагуляцией взвешенных мелкодисперсных частиц за счет ультразвукового воздействия на среду, позволяющий также производить их утилизацию. Однако нет

исследований и методики расчета, которые позволили бы применить этот метод для очистки и утилизации отработавших газов ДВС транспортных средств и в частности городских автобусов.

В связи с этим разработка устройства ультразвуковой очистки и утилизации отработавших газов городских автобусов во время запуска, прогрева двигателя, остановок и троганья с места является актуальной задачей.

Целью работы является установление зависимостей, позволяющих разработать методику расчета и конструкцию накопительного устройства ультразвуковой очистки и утилизации отработавших газов ДВС городских автобусов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- Дать сравнительный анализ конструкции автомобильных глушителей
- Произвести анализ способов очистки и состава отработавших газов
- Выбор варианта очистки и утилизации отработавших газов городских автобусов
- Разработать и исследовать математическую модель процесса утилизации отработавших газов ДВС;
- Разработать экспериментальное оборудование и подтвердить полученные аналитическим путем результаты;
- Предложить конструкцию и разработать методику расчета системы утилизации отработавших газов ДВС городских автобусов;

Объектом исследования является процесс очистки и утилизации выхлопных газов.

Предмет исследования – устройство ультразвуковой очистки и утилизации выхлопных газов городских автобусов.

Методы исследования: математическое моделирование, лабораторный эксперимент, корреляционный анализ, теория планирования эксперимента.

Научная новизна. В работе впервые:

- подтверждена возможность использования ультразвуковых глушителей с ёмкостной камерой для утилизации отработавших газов ДВС городских автобусов;

- установлены зависимости коэффициента коагуляции для процессов осаждения твердых частиц отработавших газов в накопительной ёмкости устройства для утилизации отработавших газов городских автобусов с ультразвуковым воздействием и без него.

- впервые подтверждена гипотеза тесной корреляции между процессами укрупнения и седиментации частиц выхлопного газа и степенью его прозрачности в накопительной ёмкости устройства ультразвуковой очистки и утилизации отработавших газов ДВС городских автобусов.

- экспериментальным путём получены зависимости изменения светопропускной и светопоглощающей способности отработавшего газа от времени осаждения твердых частиц при воздействии ультразвука и без него,

а также коэффициента коагуляции от времени осаждения твердых частиц в накопительной ёмкости устройства ультразвуковой очистки и утилизации отработавших газов ДВС городских автобусов.

- впервые получена зависимость скорости изменения коэффициента коагуляции твердых частиц от времени их осаждения в накопительной ёмкости устройства ультразвуковой очистки и утилизации отработавших газов ДВС городских автобусов.

Практическая значимость заключается в разработке методики расчета накопительного устройства для утилизации отработавших газов городских автобусов.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Ультразвуковое воздействие на выхлопные газы в замкнутой ёмкости ускоряет в 3 – 4 раза процессы гидродинамической коагуляции;
2. Математическая модель, основанная на кинетической теории газов, определяет величину массы сажи в зависимости от начальной массы газа, коэффициента коагуляции и времени воздействия;
3. Положение о взаимосвязи между коэффициентом коагуляции и степенью прозрачности газа;

Автор защищает:

1. Принципиальную схему и метод утилизации отработавших газов накопительным устройством ультразвуковой очистки выхлопных газов ДВС автобусов;
2. Разработанную математическую модель и методы её исследования;
3. Предложенную конструкцию накопительного устройства для городских автобусов;
4. Методику расчета и техническое задание.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов подтверждается корректностью постановки задачи, адекватностью теоретических и экспериментальных исследований.

Личный вклад автора заключается в постановке задач, разработке методики исследования, разработке и анализе математической модели, позволяющей определить основные параметры устройства для очистки и утилизации отработавших газов городских автобусов, предложении конструктивных вариантов систем утилизации отработавших газов двигателей внутреннего сгорания и конструктивных решений установки устройства ультразвуковой очистки и утилизации отработавших газов на примере автобуса, разработке технического задания на проектирование опытной конструкции ультразвуковой системы очистки и утилизации отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.

Реализация результатов работы. Варианты конструкций и методика расчета устройства для утилизации отработавших газов городских автобусов, позволяющей устанавливать рациональные параметры ультразвуковых устройств очистки и утилизации отработавших газов двигателей внутреннего

сгорания городских автобусов, переданы в ТОО «Автобусный парк №3» в 2021 году.

Разработанная методика экспериментальных исследований представлена в методических указаниях для выполнения исследований студентами, магистрантами, докторантами.

Сведения о публикациях

Основные положения диссертации опубликованы в 19-ти научных работах, в том числе в 2-х статьях, входящих в базу данных Scopus, 3-х статьях, рекомендованных КОКСОН, 1-ой статье, входящей в реферативную базу РИНЦ, 6-ти тезисах международных научно-практических конференций. Получено 2 патента на полезную модель, 1 свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права и 4 свидетельства о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом.

Заключение

Работа содержит новые научно обоснованные результаты, использование которых обеспечивает решение важной прикладной задачи.

В работе сделаны следующие выводы:

1) Произведенная классификация и сравнительный анализ автомобильных глушителей позволил сделать вывод об отсутствии эффективных устройств утилизации выхлопных газов городского транспорта, оснащенного ДВС;

2) Анализ способов очистки и состава отработавших газов ДВС обосновывают необходимость их утилизации за счет ультразвукового воздействия;

3) Описана физическая сущность процесса коагуляции выхлопных газов под воздействием ультразвука, состоящей из ортокинетической и гидродинамической коагуляции, понимание которой необходимо для разработки математической модели процесса утилизации отработавших газов ДВС;

4) Разработана и исследована математическая модель процесса утилизации отработавших газов ДВС, в основу которой положена формула молекулярно-кинетической теории газов. Полученная зависимость, учитывающая счетные концентрации частиц газа и сажи, изменяющихся в зависимости от времени и коэффициента коагуляции позволяет определять количество осажденной сажи и определить эффективность очистки ультразвуковым устройством отработавших газов;

5) На основе предложенной гипотезы тесной взаимосвязи содержания сажевых частиц во взвешенном состоянии и светопропускной способности определенного объема газа, введено понятие освещенности, как параметра оценки содержания сажевых частиц во взвешенном состоянии

6) Разработано экспериментальное ультразвуковое устройство накопительного типа, позволяющее производить замер светопропускной способности объема газа, находящегося в устройстве по параметру

освещенности E и на основе полученных данных определять изменение концентрации сажевых частиц во взвешенном состоянии, коэффициента коагуляции по времени без воздействия ультразвука и с воздействием ультразвука

7) Проведены эксперименты на разработанном экспериментальном оборудовании и подтверждены полученные аналитическим путем результаты. При этом погрешность средних значений экспериментальных данных в сравнении с теоретическими составила 16,9% без воздействия ультразвука и 14,23% с ультразвуком.

8) Предложены конструктивные варианты использования эффекта ультразвуковой очистки выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания автобусов и другой транспортной техники, определяющие направления дальнейших перспективных научных исследований;

9) Разработана методика расчета ёмкостного оборудования, позволяющая определять основные конструктивные параметры систем ультразвуковой очистки отработавших газов двигателей внутреннего сгорания;

10) Разработано техническое задание на проектирование системы ультразвуковой очистки и утилизации отработавших газов двигателей внутреннего сгорания городских автобусов;

11) Произведённый расчёт эколого-экономической эффективности устройств ультразвуковой очистки и утилизации отработавших газов ДВС автотранспорта показал эффективность применения ультразвукового устройства очистки отработавших газов. При этом годовой экономический эффект от снижения экологического ущерба для автобусов большого класса производства СНГ составит 32829 тенге, для автобусов большого класса иностранного производства – 24536 тенге в расчете на один автобус.