

## Отзыв

официального оппонента, доктора технических наук,  
старшего научного сотрудника Сайкина Андрея Михайловича  
на диссертацию Козлова Андрея Николаевича  
«Улучшение экологических показателей дизеля путем снижения дымности  
отработавших газов при работе на этаноле и рапсовом масле»,  
представленной к публичной защите на соискание ученой степени кандидата  
технических наук в диссертационный совет Д 212.298.09 при ФГАОУ ВО  
«ЮУрГУ (НИУ)» г. Челябинск  
по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки)

**Актуальность темы исследований.** Известно, что количество мобильных транспортных средств, использующих нефтяные моторные топлива, неуклонно растет. Для удовлетворения возрастающих потребностей в энергетическом сырье требуется наращивание темпов добычи и переработки нефти, следовательно, продолжится обострение проблемы дефицита нефтяных топлив. В связи с этим в настоящее время все большую актуальность и востребованность приобретают исследования работы двигателей внутреннего сгорания на возобновляемых топливах.

С другой стороны двигатель внутреннего сгорания по-прежнему остается значимым источником загрязнения воздушного бассейна. В отработавших газах (ОГ) дизелей присутствует свыше 280 вредных компонентов. Непрерывно ужесточаются ограничения концентрации токсичных продуктов сгорания в ОГ дизелей. Среди них частицы сажи и оксиды азота в ОГ представляют наибольшую угрозу. Одним из самых эффективных методов снижения концентрации сажи является применение альтернативных кислородсодержащих топлив, к которым относятся растительные масла и спирты. Несмотря на многочисленные попытки успешной адаптации дизелей для работы на альтернативных топливах, в вопросах применения новых топлив остается много аспектов для изучения. Практически не исследован на сегодняшний день вопрос о физико-химической природе сажеобразования в камере сгорания дизеля при работе на альтернативных оксигенатных топливах. Построение и подтверждение теоретических основ сложных процессов образования и выгорания сажи в цилиндре дизеля, в том числе при работе на альтернативных топливах, должно способствовать в деле совершенствования конструкции двигателя внутреннего сгорания и улучшения экологических и эффективных показателей. Поэтому актуальность и значимость темы исследования не вызывает сомнения.

**Структура и содержание диссертационной работы.** Диссертационная работа выполнена на 207 страницах, включая приложения, и состоит из введения, четырех глав и списка литературы из 205 наименований, оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК РФ к подобному виду работ. Структура и оформление автореферата и диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат содержит основные положения представленной диссертации.

Во введении диссертационной работы представлена актуальность темы исследования, степень её разработанности, цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе для реализации поставленной цели и задач исследования автором был проведен обзор работ, в которых опубликованы сведения об изменении дымности ОГ дизелей при работе с использованием этанола и рапсового масла (РМ). Рассмотрены физические свойства, состав и структура частиц сажи, особенности сажеобразования в камере сгорания дизеля, приведены основные требования к дымности ОГ дизелей. Также в первой главе автором обоснованно представлены основные известные закономерности и особенности изменения концентрации сажи в цилиндре дизеля.

Во второй главе рассмотрены кинетические механизмы образования и газификации частиц сажи из углеводородного сырья. Используя известную принятую химическую схему процесса сажеобразования, автор вносит в неё уточнения, учитывая молекулярный состав альтернативных топлив. Кинетика образования сажи связана с внутрицилиндровыми процессами испарения и сгорания топлив в цилиндре с помощью усовершенствованного математического алгоритма. Приводятся результаты математического моделирования сажевыделения в цилиндре дизеля в зависимости от угла поворота коленчатого вала. Результаты моделирования сопоставлены с показателями содержания сажи в цилиндре при работе дизеля на дизельном топливе.

В третьей главе диссертации приведен обзор экспериментальной установки, методов и средств измерения, также общая методика проведения испытаний.

В четвертой главе приведены основные результаты проведения стендовых испытаний дизеля и численного моделирования показателей сажеобразования и дымности ОГ при различных регулировочных, нагрузочных и скоростных режимах работы. Подробно рассмотрено влияние величины запальной порции РМ и установочных углов опережения впрыскивания этанола и РМ на показатели работы дизеля. Проанализированы закономерности изме-

нения экологических и эффективных показателей работы дизеля на альтернативных топливах при изменении нагрузочного и скоростного режима работы дизеля на альтернативных топливах.

Выводы и рекомендации, данные в заключении диссертации, отражают результаты, достигнутые автором в диссертационной работе.

Текст работы имеет логическую последовательность, стиль изложения соответствует требованиям, предъявляемым к научным работам.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.** Выводы, сформулированные в главах диссертации, обоснованные приведенными в тексте предпосылками и доводами, соответствуют цели и задачам исследования. Обоснованность полученных научных положений, выводов и рекомендаций обуславливается использованием поверенных и аттестованных современных средств измерения и действующих стандартов проведения испытаний дизелей, подтверждена использованием общепризнанных зависимостей при определении эффективных, экологических показателей работы дизеля и показателей процесса сгорания, использованием современных методов научного анализа и обработки экспериментальных данных, согласованием полученных результатов с известными данными.

Основные результаты исследования, перечисленные в заключении диссертации, содержат:

- итоги стендовых испытаний дизеля при работе на этаноле и РМ, применение которых позволяет полностью отказаться от использования дизельного топлива при сохранении мощностных показателей;

- результаты приведенных во второй главе диссертации теоретических исследований химической кинетики образования частиц сажи при сгорании этанола и РМ;

- усовершенствованная математическая модель формирования и выгорания частиц сажи в цилиндре дизеля при работе на этаноле и РМ;

- результаты математического моделирования процесса сажеобразования в цилиндре дизеля;

- результаты экспериментальных измерений дымности ОГ при работе дизеля на этаноле и РМ.

Основные результаты и положения диссертации опубликованы в 59 печатных работах, включая 11 статей в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, что свидетельствует о возможности ознакомления с результатами исследований

широкого круга специалистов. Результаты работы прошли апробацию на всероссийских и международных научных конференциях.

**Достоверность и новизна сформулированных в диссертации выводов и рекомендаций.** Закономерности изменения расчетных показателей сажеодержания в цилиндре дизеля в точках, соответствующих углу поворота коленчатого вала открытия выпускного клапана, подтверждаются экспериментальными измерениями дымности ОГ. Характеристика изменения показателей содержания сажи в цилиндре дизеля в зависимости от угла поворота коленчатого вала дизеля, не смотря на отсутствие экспериментальных данных, соответствует закономерностям процессов, протекающих в камере сгорания, и согласуется с экспериментальными измерениями, представленными в работах других авторов.

При проведении испытаний соискатель использовал проверенные и аттестованные средства измерения и действующие стандарты проведения испытаний. При обработке результатов экспериментальных измерений были использованы общепризнанные зависимости определения эффективных, экологических показателей работы дизеля и показателей процесса сгорания.

**Научную новизну** работы представляют:

- уточненный процесс образования сажи в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле и РМ;
- усовершенствованная математическая модель образования и газификации сажи в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле и РМ;
- результаты экспериментальных исследований влияния применения этанола и РМ при различных режимах работы на дымность ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0;
- результаты численного моделирования динамики показателей сажеодержания в цилиндре и ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле и РМ.

**Теоретическая и практическая значимость результатов работы.**

Теоретическая значимость работы заключается в представленном усовершенствованном общем алгоритме определения показателей содержания сажи в цилиндре дизеля при работе на альтернативных топливах, который может быть использован для численного моделирования уровня дымности ОГ дизелей различной размерности при работе на этаноле и РМ и других альтернативных топливах, в том числе для многозонных моделей.

Практическая значимость работы состоит в широком внедрении результатов исследования в учебный процесс и выработанных рекомендациях для снижения уровня дымности ОГ дизеля при работе на рассматриваемых

альтернативных топливах и для выбора регулировочных параметров при использовании отдельной подачи топлива. Результаты работы рекомендованы к использованию в сельскохозяйственных предприятиях, занимающихся возделыванием и переработкой рапса.

### **Замечания по диссертационной работе:**

1. В тексте диссертации не раскрыт вопрос обоснования выбора дизеля 2Ч10,5/12,0 воздушного охлаждения с полусферической камерой сгорания в качестве объекта исследования.

2. В составе твердых частиц в ОГ дизеля присутствуют не только частицы сажи. Однако при математическом моделировании дымности ОГ этот факт не учитывается.

3. Из показателей процесса сгорания соискатель ограничился представлением только осредненной температуры газов и индикаторного давления в цилиндре.

4. Для сравнения и анализа удельного эффективного расхода этанола и РМ необходимо было представить удельные показатели, приведенные по теплоте сгорания к дизельному топливу.

5. Из теоретической части диссертации (вторая глава) не очевидно - по каким именно кинетическим и дифференциальным уравнениям производился расчет показателей содержания сажи в цилиндре. Также не приведена единая кинетическая и расчетная схемы.

6. В представленной химической модели не учтена гигроскопичность этанола и обязательное наличие воды в топливе.

7. Во второй главе диссертации автор в формуле 2.37 символом  $\sigma_u$  обозначил количество испарившегося топлива, кг, в формуле 2.40 тем же символом обозначена доля испарившегося топлива, а в формуле 2.46 тем же символом обозначен интегральный закон испарившегося топлива. Это вносит путаницу в восприятие математических выражений, следовало бы принять различные обозначения.

8. Соискатель не приводит в тексте диссертации конкретных рекомендаций по улучшению эффективных и экологических показателей работы дизеля на малых нагрузках.

9. В четвертой главе диссертации соискатель не приводит характеристики работы дизеля на режиме максимального крутящего момента.

10. Соискатель не пытался закрепить право на приведенную в приложении Б диссертации программу моделирования сажевыделения в цилиндре дизеля авторским свидетельством.

## Заключение

В целом отмеченные недостатки и замечания не снижают общей ценности работы. Результаты, полученные автором, содержат научную новизну, имеют практическую направленность и могут быть применены при модернизации существующих дизелей размерности 2 Ч10,5/12,0 для работы на этаноле и РМ. Диссертацию можно рассматривать как законченную научно-исследовательскую работу. Задачи, поставленные и решенные в диссертации, свидетельствуют о высокой квалификации автора. По актуальности, научной новизне и практической значимости, степени обоснованности основных положений диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Козлов Андрей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки).

Д-р техн. наук, старший научный сотрудник,  
начальник управления специальных  
программ центра «Спецавтомобили»  
Государственного научного центра  
Российской Федерации ФГУП «НАМИ»


 А.М. Сайкин

14.08.2019

Диссертация на соискание ученой степени  
д.т.н. защищена по специальности  
05.04.02 – Тепловые двигатели

Подпись д.т.н. А.М. Сайкина удостоверяю.

Ученый секретарь ФГУП «НАМИ», к.т.н., доцент

 Р.Х. Курмаев

М.П.

02.08.2019г.

Справочные данные:

Сайкин Андрей Михайлович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, начальник управления специальных программ центра «Спецавтомобили» ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»;

Адрес: 125438, г. Москва, ул. Автомоторная, 2, тел.: 8 (495-40-00) ,  
e-mail: a.saykin@nami.ru, eco2@bk.ru