

На правах рукописи

Ширлин Иван Иванович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИЗЕЛЯ НА
НИЗКОЦЕТАНОВОМ ТОПЛИВЕ ЗА СЧЕТ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕПЛОТЫ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ**

05.04.02 – Тепловые двигатели

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул – 2007

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)».

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор
Шевченко Петр Лукич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Лебедев Борис Олегович

кандидат технических наук, доцент
Кулманаков Сергей Павлович

Ведущая организация: ФГУП Конструкторское бюро транспортного машиностроения, г. Омск

Защита состоится « 13 » ноября 2007 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.004.03, действующего при Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46 (тел\факс (3852) 260-516; E-mail: D21200403@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Отзывы на автореферат, заверенные печатью Вашего учреждения, просим направлять в двух экземплярах по указанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета.

Автореферат разослан « 25 » сентября 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета к.т.н., доцент

А.Е. Свистула

Актуальность темы. На современном этапе развития науки техники проблема снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами при повышении мощности дизелей решается в основном применением электронных систем многофазного впрыска топлива, систем нейтрализации отработавших газов и применением наддува двигателей. Однако столь сложные и дорогостоящие устройства оправданы лишь на новых двигателях, в то время как в эксплуатации находится огромное количество двигателей устаревших конструкций, не отвечающих современным требованиям по экологическим показателям.

Одним из способов повышения экологических показателей таких двигателей, при сохранении эффективной мощности, можно считать использование альтернативных и смесевых топлив. Использование альтернативных и смесевых топлив позволяет существенно снизить выбросы вредных веществ с отработавшими газами, при сохранении двигателем мощностных показателей, а также позволяет расширить ассортимент применяемых топлив, что, в конечном счете, сказывается на снижении потребления нефти и, как следствие, повышает экологичность дизелей.

Альтернативные топлива, особенно спиртосодержащие, применяющиеся в настоящее время для питания дизельных двигателей, обладают низким цетановым числом, что сопровождается увеличением периода задержки воспламенения и, как следствие, повышением жесткости работы и снижением ресурса двигателя. Поэтому на практике стремятся снизить величину периода задержки воспламенения различными способами от введения присадок к топливу, повышающих воспламеняемость, до применения вспомогательных систем воспламенения.

Опыт эксплуатации двигателей на низкоцетановых топливах показал, что для сокращения периода задержки воспламенения достаточно эффективно можно использовать источники тепловой энергии, расположенные в камерах сгорания дизельного двигателя. Такие устройства относительно легко реализуются в конструкциях двигателей устаревших конструкций, практически не усложняя ее.

Однако остаются вопросы в выборе основных параметров таких устройств для повышения эффективности их использования.

Цель работы заключается в обеспечении условий применения низкоцетановых топлив в дизельном двигателе, путем введения в камеру сгорания источника перераспределения тепловой энергии.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Обосновать способ, позволяющий реализовать применение низкоцетановых топлив в дизельных двигателях.
2. Выявить критерии эффективности применения источника перераспределения тепловой энергии – калильного тела.
3. Разработать методику определения геометрических, теплофизических и прочностных параметров калильного тела.
4. Дать теоретическую и экспериментальную оценку влияния калильных тел на рабочий процесс дизельного двигателя.
5. Дать экономическую оценку применения калильных тел при работе дизеля на низкоцетановом топливе.

Объект исследования: дизельный двигатель модели Д21 А1, без наддува, двухцилиндровый, с полуразделёнными полусферическими камерами сгорания, в которых размещен источник перераспределения тепловой энергии (калильное тело), со степенью сжатия $\varepsilon = 16,5$, параметрами цилиндра $S/D = 120/105$ и воздушным охлаждением.

Методы исследований. В работе нашли применение теоретические методы, базирующиеся на основных законах термодинамики, теплопроводности, теплопередачи и газовой динамики, а также экспериментальные исследования.

Достоверность результатов достигнута выбором методов и средств измерений, соблюдением стандартов, периодической проверкой и тарировкой приборов, а также анализом и контролем погрешностей, а для теоретических исследований – принятием обоснованных исходных данных.

Научная новизна работы:

1. Получены и термодинамически обоснованы новые зависимости температуры источника перераспределения тепловой энергии от геометрических и теплофизических параметров устройства.
2. Разработана математическая модель рабочего процесса источника дополнительной тепловой энергии.
3. На основе полученных зависимостей предложена методика определения параметров источника дополнительной тепловой энергии для эффективного использования данного устройства в камере сгорания дизельного двигателя.
4. Получены новые экспериментальные данные о работе дизельного двигателя Д21 А1 на стандартном и низкоцетановом топливе при использовании калильных тел в камерах сгорания, которые позволяют

рекомендовать калильные тела как средство снижения периода задержки воспламенения в рабочем процессе дизеля.

Практическое значение работы составляют рекомендации по применению калильных тел в камере сгорания дизельных двигателей для снижения периода задержки воспламенения при использовании стандартного и низкоцетанового топлива, а также экономический эффект от внедрения результатов НИР на предприятии ГП «ДРСУ №6»

г. Калачинск Омской области. Разработана математическая модель, позволяющая с наименьшими затратами определять параметры калильного тела.

Экспериментальная часть выполнена на моторной установке с калильными телами в камере сгорания дизельного двигателя Д21 А1, спроектированными и изготовленными в лаборатории кафедры «Теплотехника и тепловые двигатели» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии при непосредственном участии автора.

Результаты работы использованы при выполнении НИР кафедры для ГП «ДРСУ №6» г. Калачинск Омской области и в учебном процессе Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ).

Разработанные методики и программы используются аспирантами и студентами при выполнении курсовых работ и в дипломном проектировании, а созданная экспериментальная установка используется для проведения лабораторных работ по дисциплинам кафедры.

Апробация работы. Материалы, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на научных конференциях и семинарах Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии в 2001-2004 гг. (г. Омск), на Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения» в 2003 г. (г. Челябинск), на Международно-технической конференции ААИ «Проблемы создания и эксплуатации автомобилей в условиях Сибири и Крайнего Севера», 2004 г. (г. Омск).

Публикации. По материалам диссертации и результатам проведенных исследований опубликовано 9 статей из них 2 в изданиях рекомендованных списком ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений.

Общий объем диссертации составляет 124 страницы и содержит 32 рисунка, 8 таблиц, список литературы из 116 наименований и 2 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Во введении приведены данные о современных способах снижения токсичности вредных выбросов с отработавшими газами дизельных двигателей.

Отмечено, что экологичность двигателя связана не только со снижением выбросов вредных веществ с отработавшими газами, но и со снижением потребления топлив нефтяного происхождения. Показана перспективность применения других видов топлива, например растительного происхождения и топлив, полученных из продуктов переработки органических отходов сельского хозяйства.

Однако, использование новых видов топлива в дизельных двигателях сопряжено с рядом трудностей, связанных с их низким цетановым числом, относительно дизельного топлива.

Применение низкоцетановых топлив в дизелях требует обеспечения условий сокращения периода задержки воспламенения в рабочем процессе при сохранении мощностных и экологических показателей. При этом, недопустимо значительное усложнение и удорожание конструкции самого двигателя.

Таким образом, во введении обоснована актуальность и важность выполнения исследования, сформулирована цель работы, которая заключается в обеспечении условий применения низкоцетановых топлив в дизельном двигателе, путем введения в камеру сгорания источника перераспределения тепловой энергии. Перечислены новые научные результаты, полученные при реализации указанной цели, которые выносятся на защиту.

В первой главе рассмотрены основные способы применения низкоцетановых топлив в дизельных двигателях: применение свечей зажигания, использование свечей накаливания, установка жаропрочных вставок, керамическое напыление на стенки камеры сгорания, комбинированные способы. Приведен анализ достоинств и недостатков реализации указанных способов в дизелях на основе работ отечественных (Семенова В.И., Хачияна А.С., Толстова А.М., Галышева Ю.В., Вагнера В.А., Воинова А.Н., Воронова Г.Г., Федянова Е.А. и др.) и зарубежных авторов.

Так применение свечей зажигания связано с необходимостью использования дополнительной системы, обеспечивающей своевременную подачу электрической искры. Применение дополнительной системы однозначно усложняет конструкцию двигателя и его обслуживание. Кроме того, указанный способ малоэффективен при использовании стандартного дизельного топлива.

Использование свечей накаливания обусловлено простотой реализации такого способа, поскольку большинство современных дизелей оборудуются системами облегчения холодного пуска в виде таких устройств. Однако, использование свечей накаливания для сокращения периода задержки воспламенения при использовании низкоцетановых топлив не эффективно вследствие их места расположения.

Как правило, свечи накаливания располагаются в головке цилиндра в непосредственной близости от форсунки. При впрыске топлива воспламенение происходит около форсунки, здесь образуется область повышенного давления, которая оттесняет воздушный заряд из зоны горения. В результате такого процесса снижается эффективность использования свежего воздушного заряда, снижаются мощностные и экономические показатели двигателя.

Применение жаропрочных вставок позволяет избавиться от недостатка неоптимального места расположения, однако эффективность использования таких устройств напрямую зависит от эффективной мощности, развиваемой двигателем. Тем не менее, жаропрочные вставки находят широкое применение в сочетании со свечами зажигания и свечами накаливания. Недостатки применения жаропрочных вставок можно компенсировать подбором оптимальных параметров. Кроме того, такой способ относительно просто реализовать на двигателях, находящихся в эксплуатации, что обуславливает перспективность их использования реализации применения низкоцетановых топлив с целью снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизельных двигателей, устаревших конструкций.

Керамическая термоизоляция камеры сгорания с целью сокращения периода задержки воспламенения при использовании низкоцетановых топлив приводит к снижению коэффициента наполнения цилиндров двигателя свежим зарядом, вследствие его нагрева от стенок камеры сгорания. Впрыск топлива в перегретый воздух приводит к переобогащению смеси, что снижает мощностные и экономические показатели двигателя.

Кроме того, применение керамики приводит к повышению температуры деталей камеры сгорания, что снижает их ресурс в результате нарушения условий смазки, приводит к быстрому старению самого моторного масла. Также остается проблема надежности крепления керамического напыления к стенкам камеры сгорания.

На основе представленного анализа обосновывается способ реализации применения низкоцетановых топлив для питания дизельного двигателя, посредством применения калильных тел, как источника пе-

перераспределения тепловой энергии в камере сгорания дизеля, как наиболее просто реализуемый и достаточно эффективный.

В конце первой главы определены цель и основные задачи исследования.

Вторая глава посвящена разработке математической модели процесса энергообмена в камере сгорания дизельного двигателя Д21 А1 при использовании источника перераспределения теплоты и разработке методики определения основных параметров данного устройства.

В первом разделе главы рассмотрены особенности рабочего процесса дизельного двигателя, основные фазы процесса сгорания. Показано влияние продолжительности периода задержки воспламенения на качество протекания рабочего процесса в дизеле, выделены факторы, влияющие на длительность периода задержки воспламенения.

Особо отмечено влияние накаливаемых поверхностей, расположенных в камере сгорания дизеля на период задержки воспламенения. Сделан вывод о возможности совершенствования камеры сгорания дизельного двигателя с целью повышения эффективности его эксплуатации при использовании топлив с низким цетановым числом. Перераспределение теплоты в камере сгорания достигается установкой источника перераспределения тепловой энергии на поршне двигателя – калильного тела.

Проведенный анализ условий работы калильного тела и функциональных задач, обусловленных их применением, позволил выявить критерии эффективного использования источника перераспределения тепловой энергии в камере сгорания дизеля, разработать математическую модель процесса энергообмена в системе «рабочее тело – калильное тело – поршень»:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dQ}{d\varphi} = \frac{dQ_{\text{кон}}}{d\varphi} + \frac{dQ_{\text{изл.газа}}}{d\varphi} + \frac{dQ_{\text{изл.пламени}}}{d\varphi}, \\ \frac{dQ_{\text{зол}}}{d\varphi} = \frac{d\alpha_{\text{зол}}}{d\varphi} \cdot F_{\text{зол}} \cdot \frac{d(T_{\text{PT}} - T_{\text{зол}})}{d\varphi}, \\ \frac{dQ_{\text{кт}}}{d\varphi} = \frac{\lambda_{\text{зол}}}{R_{\text{эф.зол}}} \cdot \frac{d(T_{\text{зол}} - T_{\text{ножки}})}{d\varphi}, \\ \frac{dQ_{\text{ножки}}}{d\varphi} = \frac{\lambda_{\text{ножки}}}{l_{\text{эф.ножки}}} \cdot \frac{d(T_{\text{ножки}} - T_{\text{n}})}{d\varphi}, \\ \frac{dQ_{\text{св.зар}}}{d\varphi} = \frac{d\alpha_{\text{св.зар}}}{d\varphi} \cdot F_{\text{зол}} \cdot \frac{d(T_{\text{зол}} - T_{\text{св.зар}})}{d\varphi}, \\ \sum Q_i = 0; \end{array} \right.$$

В результате сформулированы основные требования, которым должна удовлетворять конструкция калильного тела. Выбрано оптимальное место расположения и форма устройства. Обоснован выбор материала изготовления, размеры основных частей устройства, теоретически установлено влияние размеров на амплитуду температуры устройства и его прочность (рис. 1 и 2).

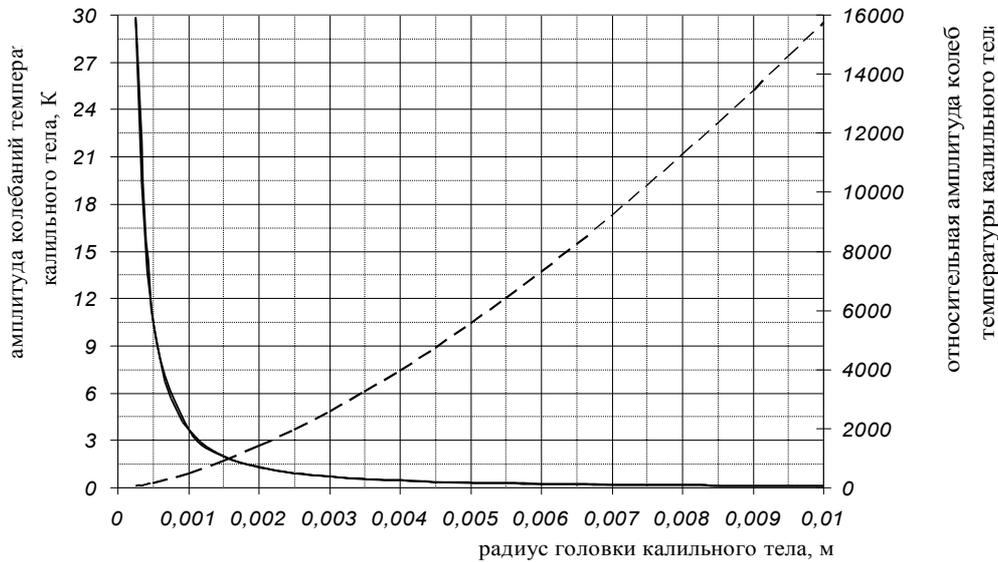


Рис. 1. Влияние размеров головки на амплитуду колебаний и относительную амплитуду колебаний температуры калильного тела

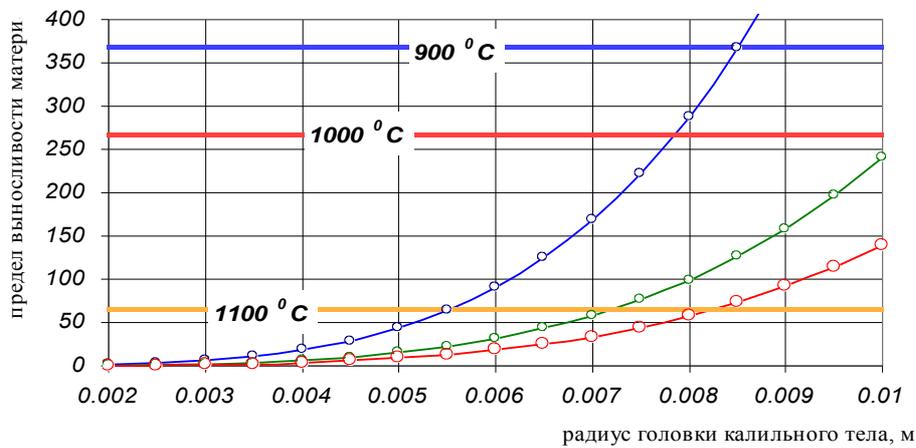


Рис. 2. Влияние радиуса головки калильного тела на напряжения в ножке, при различных диаметрах ножки калильного тела.

На основе полученной математической модели разработана методика определения параметров калильного тела, необходимых для его

эффективного использования в камерах сгорания дизеля при его работе на низкоцетановых топливах.

На основе полученной методики была разработана конструкция источника перераспределения тепловой энергии. Калильное тело представляет собой шар на цилиндрической ножке, изготовленный из жаропрочной стали.

Внешний вид устройства и его расположение в камере сгорания дизеля Д21 А1 представлены на рисунке 3.



Рис. 3. Калильное тело:

a – конструкция устройства; *б* – расположение в камере сгорания

В третьей главе приведен теоретический анализ влияния калильных тел на рабочий процесс дизельного двигателя.

Рассматриваются особенности процесса сгорания дизельного двигателя, позволяющие реализовывать применение топлив широкого фракционного состава с различными цетановыми числами. Подчеркивается влияние длительности периода задержки воспламенения на протекание рабочего процесса дизеля. Определяются факторы, влияющие на величину периода задержки воспламенения в рабочем процессе дизельного двигателя. Показано влияние накалированных поверхностей, расположенных в камере сгорания дизельного двигателя, на процессы, предшествующие воспламенению топливовоздушной смеси.

На основе существующих методик рассчитана величина периода задержки воспламенения топлив, имеющих различные цетановые числа. На основе регрессионного анализа полученных данных определена зависимость влияния цетанового числа топлива на величину периода задержки воспламенения (рис. 4).

На основе модели рабочего процесса дизельного двигателя, расчетными методами, оценено влияние периода задержки воспламенения на

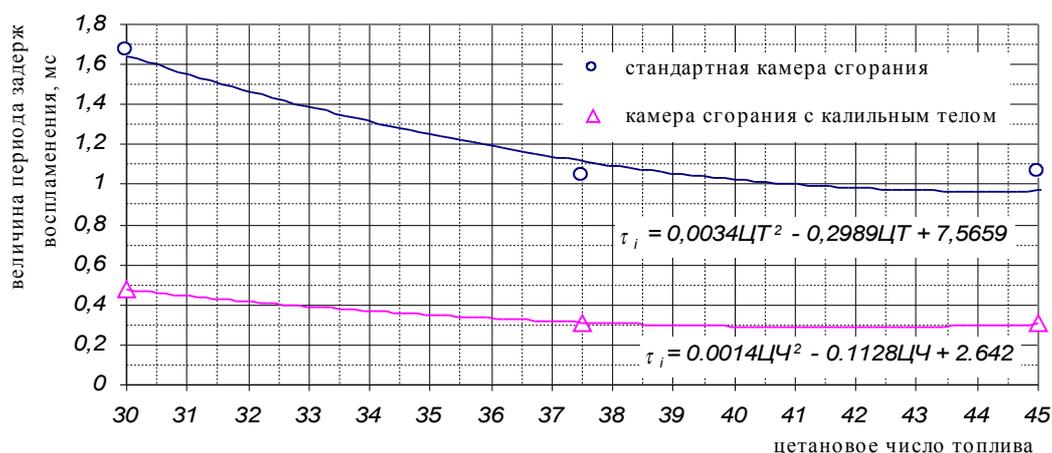


Рис. 4. Влияние цетанового числа топлива на величину периода задержки воспламенения

показатели рабочего процесса при использовании стандартного и низкоцетанового топлив при применении калильных тел в камерах сгорания.

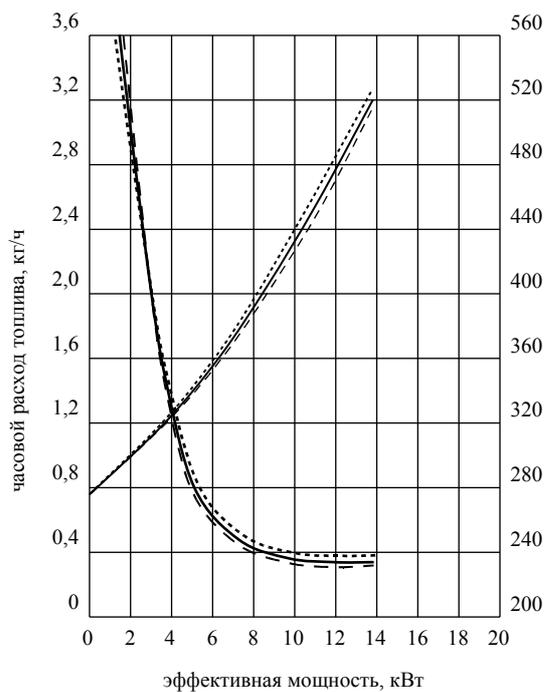
Таким образом, получены теоретические подтверждения возможности применения калильных тел для сокращения периода задержки воспламенения и определено их влияние на показатели рабочего процесса дизельного двигателя при использовании как стандартного, так и низкоцетанового топлив.

В четвертой главе приводится описание созданной в рамках диссертационной работы экспериментальной установки на базе дизельного двигателя Д21 А1, в камерах сгорания которого были установлены источники перераспределения тепловой энергии, выделяющейся в рабочем цикле двигателя. Описано оборудование, использовавшееся при проведении эксперимента. В частности приведена конструкция датчика измерения давления в цилиндре двигателя, с помощью которого снималась индикаторная диаграмма двигателя. Рассчитаны погрешности измерения исследуемых величин.

Основным методом экспериментального исследования являлось снятие нагрузочных характеристик на трех скоростных режимах 1200, 1500 и 1800 мин⁻¹ (рис. 5, а - в). Для проверки результатов теоретического исследования по влиянию калильных тел на период задержки воспламенения, была произведена запись изменения давления в цилиндре двигателя при его работе на топливах с различными цетановыми числами (рис. 5, г).

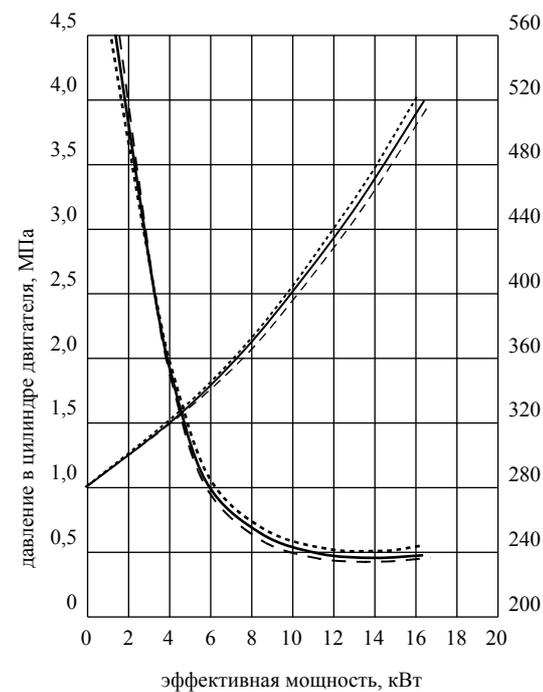
В процессе эксперимента цетановое число топлива снижалось со стандартных 45 единиц (у стандартного дизельного топлива) до 35 единиц. Снижение цетанового числа экспериментального топлива дос-

часовой расход топлива, кг/ч



удельный расход топлива, г/(кВт*ч)

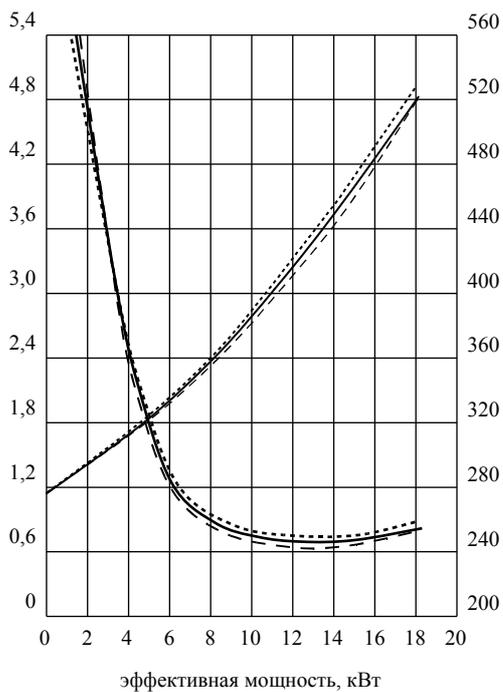
часовой расход топлива, кг/ч



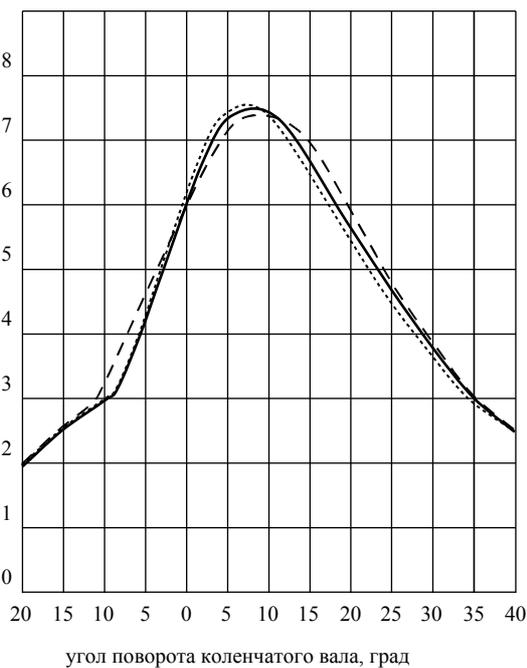
удельный расход топлива, г/(кВт*ч)

а)

б)



в)



г)

Рис. 5. Результаты экспериментальных исследований:

а) – в) – нагрузочные характеристики двигателя Д21 А1, соответственно при 1200, 1500 и 1800 мин⁻¹; г) – индикаторная диаграмма Д21 А1;

— - стандартная камера сгорания (ДТ); - - - камера сгорания с калильным телом (ДТ); ····· - камера сгорания с калильным телом (низкоцетановое топливо)

тигалось добавкой высокооктанового бензина АИ-98. Для компенсации снижения противозадирных свойств экспериментального топлива, в его состав вводилась тяжелая углеводородная фракция не более 1 % по объему.

В процессе эксперимента исследовалось изменение мощностных и экономических показателей работы двигателя на стандартном и низкоцетановом топливе. Полученные результаты сравнивались с характеристиками этого же двигателя, которые снимались при его работе на стандартном дизельном топливе при стандартной камере сгорания.

Заключительный раздел главы посвящен обработке опытных данных. Для исключения случайных ошибок все параметры, полученные в результате прямых измерений с помощью приборов (расход воздуха, расход топлива, давление и т.д.), измерялись многократно.

Пятая глава посвящена экономической оценке внедрения разработанного устройства на предприятии ГП «ДРСУ №6» г. Калачинск Омской области.

Расчетными методами было установлено, что применение калильных тел для повышения эффективности эксплуатации дизельных двигателей на смесевом низкоцетановом топливе, позволит добиться значительного сокращения затрат на топливо, за счет снижения его стоимости.

Применение смесевого топлива в сочетании с калильными телами позволило добиться экономии средств вследствие значительного снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами.

При определении экономического эффекта также учитывались затраты на переоборудование камер сгорания дизельного двигателя и затраты на приготовление смесевого топлива.

В результате внедрения удалось добиться снижения удельных затрат на производство единицы продукции (в данном случае, ремонта 1 м² дорожного покрытия) в среднем на 8,1 %, экономия составила 7153,24 руб. на одну единицу техники.

Заключение. По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Проведенный анализ путей снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами посредством применения альтернативных топлив, показал перспективность применения топлив растительного происхождения в смеси с дизельным топливом, при обеспечении условий нормальной работы дизельного двигателя при сохранении мощностных показателей. Для обеспечения нормальной работы ди-

зельного двигателя на смесевых топливах необходимо применение устройств, компенсирующих снижение цетанового числа.

На основе анализа применяемых в настоящее время устройств, предложено использовать источник перераспределения тепловой энергии в камере сгорания дизеля – калильное тело, как наиболее простое и эффективное.

2. В результате проведенного теоретического исследования процессов энергообмена в камере сгорания дизельного двигателя Д21 А1, определено оптимальное место расположения калильного тела в камере сгорания и его форма.

Для эффективной реализации данного устройства, его необходимо располагать в наиболее нагретом месте поршня, так чтобы топливный факел касался поверхности калильного тела. В качестве формы выбран шар. При обеспечении оптимальных размеров такое тело практически не оказывает влияния на характер турбулентных потоков внутри камеры сгорания двигателя.

3. Посредством полученной математической модели процесса энергообмена в камере сгорания дизельного двигателя Д21 А1, исследованы теплофизические свойства и геометрические параметры, необходимые для обеспечения минимальной амплитуды колебаний температуры калильного тела в течение рабочего цикла. Оценено влияние геометрических и теплофизических свойств материала устройства на его прочностные характеристики.

Разработана методика определения параметров калильного тела, на основе, которой разработана конструкция и рекомендованы размеры основных частей устройства.

Конструктивно калильное тело представляет собой шар на резьбовой цилиндрической ножке, которая служит для его крепления к днищу поршня. Размеры устройства, при использовании в качестве материала изготовления жаропрочной стали: радиус головки 4,5 мм, диаметр ножки 3,5 мм.

4. Проведенное теоретическое исследование влияния применения калильных тел на продолжительность периода задержки воспламенения в рабочем процессе дизельного двигателя при использовании стандартного и низкоцетанового топлив, позволило получить теоретическую зависимость периода задержки воспламенения в функции цетанового числа топлива, как для стандартной камеры сгорания, так и для камеры сгорания с калильным телом (соответственно):

$$\tau_i = 0,0034 \times \text{ЦЧ}^2 - 0,2989 \times \text{ЦЧ} + 7,5659,$$

$$\tau_i = 0,0014 \times \text{ЦЧ}^2 - 0,1128 \times \text{ЦЧ} + 2,642.$$

5. Проведенные экспериментальные исследования на разработанной и созданной экспериментальной установке на базе дизельного двигателя Д21 А1, подтвердили теоретические выводы: мощностные показатели дизеля практически не изменились при незначительном увеличении расхода топлива при работе двигателя на стандартном и низкоцетановом топливе, что косвенно свидетельствует о правильности выбора геометрических размеров и места расположения устройства в камере сгорания.

Применение калильных тел в камерах сгорания двигателя позволило снизить период задержки воспламенения в среднем на 4-6° по углу поворота коленчатого вала (в зависимости от режима работы двигателя) при использовании стандартного топлива, а также позволило снизить цетановое число с 45 до 35 ед. при сохранении удовлетворительной жесткости работы двигателя (степень нарастания давления не превышает 1 МПа/град).

6. Оценена экономическая эффективность применения разработанных устройств при использовании смесового низкоцетанового топлива. Сезонная экономия средств от снижения стоимости топлива и вредных выбросов с отработавшими газами составила 7153,24 руб. на единицу техники.

Основные положения диссертации отражены в следующих работах: статьи в изданиях, рекомендованных списком ВАК:

1. Ширлин И.И. Калильные тела и цетановое число топлива для дизельного двигателя / П.Л. Шевченко, И.И. Ширлин // Автомобильная промышленность, №4. – 2004. – С. 13-14.
2. Ширлин И.И. К вопросу определения оптимальных размеров калильного тела / И.И. Ширлин // Омский научный вестник. – Омск, 2006. – Вып. 9 (46). – С. 82-87.
3. Ширлин И.И. О влиянии калильных тел на рабочие процессы в дизельном двигателе / П.Л. Шевченко, И.И. Ширлин // «Проблемы автомобильных дорог России и Казахстана»: тезисы докладов Международной научно-практической конференции. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – С. 156-158.
4. Шевченко П.Л., Ширлин И.И. Калильные тела как средство снижения требований к цетановому числу топлива для дизельного двигателя / П.Л. Шевченко, И.И. Ширлин // Труды Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения». Челябинск: ЮУрГУ, 2003. – 78-80с.
5. Ширлин И.И. К вопросу определения зависимости температуры калильного тела по углу поворота коленчатого вала двигателя / П.Л. Шевченко, И.И. Ширлин // Вест. СибАДИ. 2004. – Вып. 1. – С.81-84.
6. Ширлин И.И. О возможности снижения требований к цетановому

числу топлива для дизельного двигателя / И.И. Ширлин // Материалы 43-й Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров «Проблемы создания и эксплуатации автомобилей, специальных и технологических машин в условиях Сибири и Крайнего Севера» (24-25 сентября 2003 года): Тез. докл. / Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия. – Омск: Издательство «ЛЕО», 2004. – С. 51-52.

7. Ширлин И.И. О возможности совершенствования камеры сгорания дизеля с целью сокращения периода задержки воспламенения / И.И. Ширлин // Вест. СибАДИ. 2004. – Вып. 1. – С. 85-87.
8. Ширлин И.И. Уточненная методика определения зависимости температуры калильного тела по углу поворота коленчатого вала двигателя/ И.И. Ширлин // Дорожно-строительный комплекс как основа рационального природопользования: Материалы Междун.научно-техн.конф. 23-25 ноября 2004. – Омск, 2004. – С. 23-26.
9. Ширлин И.И. Влияние размеров калильного тела на параметры рабочего процесса дизельного двигателя / И.И. Ширлин, А.А. Шапгала // Дорожно-строительный комплекс как основа рационального природопользования: Материалы Междун.научно-техн.конф. 23-25 ноября 2004. – Омск, 2004. – С. 26-29.