

УДК 621.436

*С.П. Кулманакоев, канд. техн. наук***БИОТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ: НАПРАВЛЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ****Введение**

В последние годы тема производства моторного топлива из возобновляемых источников приобрела популярность, и актуальность ее больше не вызывает сомнения. Это особенно характерно для тех стран, экономика которых зависима от импорта углеводородов и продуктов их переработки. Именно в этих регионах идея о том, что биотоплива могут потеснить традиционные виды топлив, весьма популярна.

Соответствующие начинания, в том числе в США и ЕС, получили государственную поддержку, что придало мощный импульс их развитию. На сегодняшний день выработка биотоплива ведется в 28 странах, среди которых Япония, Германия, Франция являются самыми большими мировыми производителями.

Европейским лидером по производству биодизельного топлива (БТ) является Германия. В 2006 г. было произведено 3 млн тонн, или 10 % потребленного моторного топлива [1, 2].

Перспектива использования биотоплива в качестве добавок к автомобильному топливу в России пока туманна. По действующему ГОСТу их содержание не должно превышать для этанола более 5%, для метанола – более 3%.

На сегодняшний день в России остаются невостребованными около 20 млн. га продуктивной пашни. Этот ресурс можно было бы использовать для выращивания энергетических сельскохозяйственных культур, к примеру, рапса. Но для массового производства биотоплива нет необходимого оборудования – пока только опытные образцы.

Для стран ЕС, США характерно создание крупных и средних предприятий для производства биотоплив, подкрепленное законодательной поддержкой государства и соответствующими финансовыми ресурсами. как для производителя, так и для потребителя биотоплив.

В России проблемы производства биотоплив перекладываются на администрации регионов и местных производителей. Поэтому, нет соответствующей законодательной базы, а привлекаемые финансы незначительны. В результате создаются

маломощные предприятия с несовершенной технологией для обеспечения одного или нескольких хозяйств, либо ориентированные для производства биотоплива на экспорт.

В настоящее время в России и за рубежом помимо применения чистого БТ рассматриваются практические аспекты использования в дизелях биотоплив из растительного сырья следующих видов [4]:

- натуральное рапсовое масло (в чистом виде); исследования показали, что вследствие отличия физико-химических характеристик по сравнению с нефтяными топливами оно обладает значительно худшими моторными свойствами; поэтому для его использования необходима конструктивная доработка дизеля;
- биотопливо из смеси рапсового масла с дизельным топливом в различных пропорциях; данный способ экономичен, позволяет использовать биотопливо, обходясь только изменением регулировок двигателя, но приводит к ухудшению топливной экономичности и экологических характеристик дизеля;
- применение чистого ДТ, а также различных смесей на основе нефтяного дизельного топлива, рапсового масла, БТ и биоэтанола позволяет получить удовлетворительные экономические и экологические показатели работы стандартного дизеля, но при повышении стоимости получения данного вида топлива.

Каждый из представленных видов топлива имеет свои преимущества и недостатки, которые необходимо учитывать при выборе энергетической стратегии конкретного региона, учитывая и то, что лучших результатов можно достигнуть только при комплексном подходе к решению энергетической проблемы, используя все возможные ресурсы, являющиеся рентабельными.

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания» Алтайского государственного технического университета имеет многолетний опыт работы в области исследования рабочего процесса двигателей при работе на альтернативных топливах. На кафедре был проведен большой цикл экспериментальных

работ, позволяющий оценить особенности перевода дизеля на использование биотоплив.

Целью научных исследований явилось определение конструктивных мероприятий и рекомендаций, позволяющих эффективно использовать топлива на основе рапсового масла.

#### Экспериментальная часть

Опытная установка представляла один из самых распространенных типов дизелей серии Д-440 и Д-460 размерностью  $D/S = 130/140$  производства ОАО «ПО АМЗ», которая унифицирована с автомобильными двигателями ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238. Это четырехтактные быстроходные дизели с непосредственным впрыскиванием топлива, объемно-пленочным смесеобразованием и жидкостным охлаждением. Для проведения исследований опытная установка была оснащена необходимыми контрольно-измерительными приборами и специальным оборудованием. В ходе исследований регистрировались контрольные показатели работы двигателя, индицировались внутрицилиндровое давление и параметры топливоподачи (давление и подъем иглы распылителя форсунки), измерялись в отработавших газах показатели вредных выбросов: оксидов азота ( $NO_x$ ), оксида углерода (СО) и сажевых частиц (С).

Были исследованы вышеперечисленные способы использования биотоплив и дана оценка процессам, происходящим при работе на топливах с иными физико-химическими свойствами.

#### Анализ полученных результатов

По своим физико-химическим свойствам рапсовое масло (РМ) мало отличается от стандартного дизельного топлива (ДТ), но, в то же время, обладает рядом особенностей.

Рапсовое масло имеет более высокую кинематическую вязкость, более низкую воспламеняемость, меньшую низшую теплоту сгорания, которая частично компенсируется большей плотностью масла по отношению к ДТ.

Увеличенные вязкость и плотность топлива оказывают значительное влияние на процессы распыливания и смесеобразования, вследствие чего увеличивается неполнота сгорания, образование нагара и лаковых отложений.

На первом этапе исследований при работе дизеля на чистом рапсовом масле не проводилось никаких оптимизационных мероприятий. В ходе проведения эксперимента и обработки получены данные, на основании которых проведен сравни-

тельный анализ рабочего процесса двигателя с использованием РМ и ДТ.

По результатам 1 этапа исследований был сделан вывод о необходимости доводки рабочего процесса. Для улучшения показателей необходимо:

- обеспечить подготовку топлива;
- обеспечить необходимые параметры топливоподачи для осуществления эффективного смесеобразования;
- - организовать процесс сгорания.

На основе анализа полученных данных решено было оптимизацию проводить в следующих направлениях:

- сокращение продолжительности ввода тепла в цикл;
- обеспечение оптимального момента начала впрыскивания топлива;
- достижение более высокой мелкости распыливания топлива;
- достижение более высокой равномерности концентрации топлива в поперечном сечении факела и по объему камеры сгорания дизеля;
- снижение дальности топливного факела.

Для достижения этих целей были проведены исследования влияния:

- угла опережения впрыскивания топлива;
- температуры топлива на входе в топливный насос высокого давления;
- давления начала впрыскивания топлива;
- эффективного проходного сечения распылителя.

Приоритетным в дальнейших исследованиях являлось улучшение экономических и экологических показателей.

Исследования развития топливного факела проводились на моторном стенде с использованием видеосистемы VS-СТТ-285/Х/Е-2001/М. В результате обработки полученных снимков получены данные об изменении геометрических параметров топливного факелов (углов раскрытия, скорости распространения фронтальной части факела), и дана сравнительная оценка факелов РМ и ДТ по равномерности распределения капель в поперечном срезе факела.

По результатам обработки данных было установлено:

- топливный факел РМ имеет меньший угол раскрытия, разница, в зависимости от размера сравниваемых сопел, составляет 40-100%;

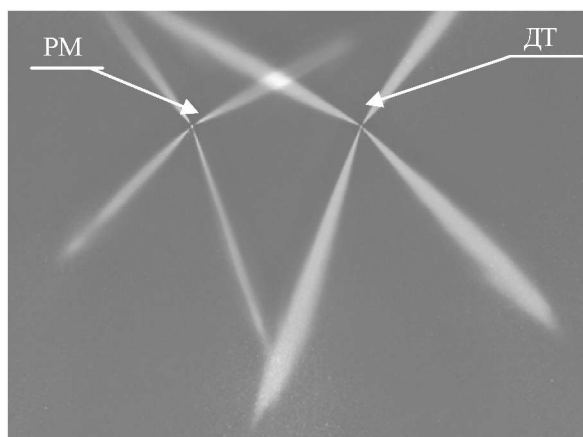


Рис. 1. Осредненные и совмещенные снимки факелов дизтоплива и рапсового масла на фазе активного впрыска

- процесс впрыскивания РМ начинается на 3-3,5 градуса поворота коленчатого вала позже, при одинаковом значении подъема иглы форсунки;
- в начальный момент факел ДТ имеет более высокую скорость, чем факел РМ; с удалением от сопла фронт факела ДТ быстрее теряет скорость, тогда как фронт факела РМ продолжает перемещение с примерно постоянной скоростью в исследованном диапазоне времени.
- дальнобойность факела РМ гораздо больше;
- факел РМ обладает более высокой неравномерностью распределения капель топлива по объему.

При завершении данного этапа исследований были намечены и проведены работы по следующим направлениям:

- изменение конструкции распылителя;
- работа дизеля на водотопливной эмульсии;
- подача сжатого воздуха в топливный факел при помощи специальной форсунки.

При подаче сжатого воздуха в топливный факел с помощью специальной форсунки в процессе истечения газожидкостной смеси через сопло распылителя возникает возможность взрывного эффекта, когда пузырьки сжатого воздуха на выходе из канала сопла лопаются, разрывая струю, дробя и распыливая топливо.

К преимуществам такого впрыскивания исследователи относят дополнительное диспергирование топлива и более качественное распределение его в окислителе за счет расширения пузырьков воздуха и газов на выходе из сопловых отверстий распылителя, и улучшение условий его воспламе-

нения, тем самым уменьшается вероятность образования зон, переобогащенных топливом.

Так как при применении РМ наблюдается ухудшение смесеобразования и увеличение продолжительности сгорания, связанные с особенностями физико-химических свойств, дополнительное перемешивание топливовоздушной смеси за счет явления «микровзрывов» позволит улучшить экономические и экологические показатели.

Исследования показали, что добавка воздуха к топливу при различном давлении приводит к увеличению индикаторного КПД в области средних и максимальных нагрузок до 7%, однако при режимах близких к холостому ходу при совместной подаче топлива и воздуха наблюдается некоторое ухудшение индикаторного КПД. Было выявлено оптимальное значение давления воздуха в системе, при котором индикаторный КПД цикла на номинальном режиме имеет максимальный КПД, а показатели токсичности (содержание окиси углерода и сажи в отработавших газах) – минимальное.

При применении водотопливных эмульсий (ВТЭ), как способа интенсификации сгорания улучшение качества смесеобразования обеспечивается за счет физических факторов:

- более тонкое распыливание топлива;
- дополнительное дробление капель топлива, благодаря эффекту «микровзрыва»;
- снижение локальной концентрации топлива внутри топливной струи.

Химическая сторона процесса связана с каталитическим воздействием водяного пара на процесс сгорания: в результате термической диссоциации образующаяся ОН группа ускоряет процесс горения углеводородного топлива;

По результатам испытаний было выявлено улучшение экономичности работы двигателя. Индикаторный КПД увеличился до уровня, соответствующего работе двигателя на ДТ, а удельный индикаторный расход топлива отличается лишь на величину пропорциональную разности низшей теплоты сгорания РМ и ДТ.

Использование смесей топлив на основе РМ и ДТ позволяет достаточно просто изготовить топливо в условиях самого хозяйства и предполагает использование данного вида топлива без изменения конструкции двигателя, что является существенным достоинством, способствующим переходу на данный вид альтернативного топлива.

Были исследованы следующие топлива:

- 100% рапсовое масло (PM);
- 100% дизельное топливо. (ДТ);
- 25% ДТ + 75% PM;
- 50% ДТ + 50% PM;
- 75% ДТ + 25% PM.

По мере увеличения доли PM максимальное давление цикла  $P_z$  снижается, зато значительно увеличивается максимальное давление в топливной магистрали  $P_f$ , что приводит к увеличению динамических нагрузок и, соответственно, уменьшению ресурса основных деталей и узлов топливной аппаратуры.

Экспериментальное исследование параметров рабочего процесса дизеля при использовании ДТ (метилового эфира PM) в качестве топлива проводилось в рамках краевой программы «Рапс-биодизель».

Целью исследований было сравнение параметров рабочего процесса дизеля при работе на следующих образцах топлива: ДТ и двух опытных образцов метилового эфира рапсового масла (МЭРМ). Основное отличие данных двух образцов топлив состоит в разном количестве МЭРМ. Для образца №1 характерно наличие большего количества МЭРМ и, соответственно, меньшее количество PM. В образце №2 уменьшено количество МЭРМ и увеличено количество PM.

Исследования показали:

- применение образца №2 с увеличенным содержанием PM практически не влияет на мощностные и экономические параметры дизеля;
- различие химического состава образца №2 предопределяет увеличение продолжительности сгорания, что приводит к некоторому увеличению теплонпряженности деталей, снижению выбросов

$NO_x$  и увеличению выбросов C и CO.

#### Заключение

Проведенные исследования позволили сравнить показатели рабочего процесса дизеля для отработки различных технологий получения биотоплив. Также они позволили оценить экономические и экологические параметры рабочего процесса, возможности их улучшения с помощью регулировочных и конструктивных мероприятий.

Проведены работы по применению смесевых топлив на основе использования дизельного топлива, рапсового масла, биодизельного топлива и биоэтанола. Подобные работы позволяют создать перспективные моторные топлива, удовлетворяющие требованиям EVRO - IV и EVRO – V.

Дальнейшим направлением исследований является создание опытной установки с системой «Common Rail», работающей на биотопливах.

Работа выполнена при поддержке федеральной целевой программы (ФЦП) «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

#### Список литературы:

1. Demirbas A. Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines / Demirbas A.-Springer-Verlag London Limited. – 2008.-208 p. 2. The biodiesel handbook / AOCS Press, Champaign, Illinois. – 2005.-303 p. 3. Биотопливо вместо солярки, выход из «нефтяного» тупика / Агро-Информ, октябрь 2006 (96). 4. Марченко А.П. Сравнительная оценка эффективности применения растительных топлив в дизельном двигателе / А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, А.А.Осетров, В.Смайлис, В. Сенчила // Двигатели внутреннего сгорания. – 2004. – № 1. – с.46-51.

УДК 621.1.018

А.П. Поливянчук, канд. техн. наук

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ СТАБИЛИЗАЦИИ РАБОЧИХ ФИЛЬТРОВ НА МАССУ НАВЕСКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

### Введение

Одним из этапов сертификационной процедуры измерения массового выброса твердых частиц (ТЧ) с отработавшими газами (ОГ) дизеля является стабилизация рабочих фильтров перед их взвешиванием. Фильтры с собранными ТЧ выдерживаются в специальной камере или комнате в течение

определенного промежутка времени –  $\tau_{st}$  при заданной температуре –  $t_{st}$ . Нормативными документами установлены допустимые диапазоны варьирования данных параметров: при испытаниях дизелей легковых автомобилей (в соответствии с Правилами R-83 [1]) -  $\tau_{st} = 2...80$  час,  $t_{st} = 22 \pm 3$  °С; при испытаниях дизелей грузовых автомобилей и автобу-