

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ

С.П. Кулманаков, Д.Д. Матиевский, А.В. Шашев, В.А. Мещеряков

В данной статье рассматриваются основные направления исследований и результаты, полученные при использовании биотоплив из рапсового масла в дизельных двигателях. Приводятся данные по влиянию различных способов улучшения экономичности. Рассмотрены способы интенсификации сгорания при применении чистого рапсового масла в качестве топлива. Приведены результаты оптического исследования топливного факела.

In article the basic directions of researches and the results received at use biofuels from rape oil in diesel engines are considered. Data on influence of various ways of improvement of profitability are cited. Ways of an intensification of combustion are considered at application pure rape oils as fuel. Results of optical research of a fuel torch are cited.

В последние годы тема производства моторного топлива из возобновляемых источников, в первую очередь из растительного, 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 биоэтанол и биодизель могут потеснить традиционные виды топлив, весьма популярна.

В последнее время на первый план вышли аргументы о необходимости уменьшения экономической зависимости от импорта нефти и газа посредством развертывания широкомасштабного производства биотоплив. Соответствующие начинания, в том числе в США и ЕС, получили государственную поддержку, что придало мощный импульс их развитию. На сегодняшний день выработка биотоплив ведется в 28 странах, среди которых Япония, Германия и Франция являются самыми большими мировыми производителями.

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

Производство и потребление биотоплива в странах Евросоюза регламентировано законодательно. Директива 2003/30/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС от 8 мая 2003 г. относительно более широкого использования биологического и прочих видов топлива из возобновляемого сырья четко определяет минимальный уровень биотоплива,

который должен содержаться в минеральных топливах: к концу 2005 г. - 2 %, а к 2010 г. - 5,75 %. Здесь на межгосударственном уровне принято решение о том, что, начиная с 2009 года, все страны ЕС обязаны выпускать и потреблять биодизельное топливо. Правительства этих стран предоставляют производителям биотоплива всевозможные льготы [1, 2]. Годовые темпы прироста производства биотоплива составляют 25...35 %. Еврокомиссия предлагает к 2020 г. удвоить долю биотоплива в структуре потребления бензина на территории стран ЕС и довести ее до 10 %.

Подход к развитию биотопливной энергетики для стран ЕС и России кардинально различается.

На сегодняшний день в России доля биоэнергетики в общем производстве тепловой энергии составляет менее 1,5 % – это единицы миниТЭЦ и дровяное отопление в частных домах.

По данным директора департамента государственной энергетической политики Минпромэнерго РФ Сергея Михайлова, производственная база для производства биоэтанола и биодизеля не только имеется, но и не догружена. «Но здесь вопрос связан с акцизом, который достаточно высок». Согласно энергетической стратегии России, разработанной до 2020 года, доля всех возобновляемых энергоресурсов в энергетике к 2015 году должна составить 3-5 %. При этом, какая часть придется на биотопливо, пока сказать трудно.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ

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 %.

Тем не менее, как сообщил заместитель директора департамента научно-технической политики Минсельхоза Николай Сорокин, ежегодный рост мощностей по производству биотоплива в России 20-25 %, а в сельской местности создано порядка 500 тыс. новых рабочих мест. Правда, он признал, что в стране «нет законодательной базы для развития биоэнергетики».

Григорий Сергиенко, исполнительный директор топливного союза России, добавил, что нет и «экономического механизма для использования топлива. И опять же, совершенно нерешаемые организационные проблемы: где будут подмешиваться к автомобильному топливу биодобавки? Кто это будет делать? А об использовании биодизеля в существующих регламентах вообще не упоминается» [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.

В результате вышеприведенных причин 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 переключаются на администрации регионов и местных производителей. Поэтому, нет соответствующей законодательной базы, а привлекаемые финансы незначительны. В результате создаваемые предприятия либо создаются маломощные предприятия с несовершенной технологией для обеспечения одного или нескольких хозяйств, либо ориентированы для производства биотоплива на экспорт.

В результате для стран ЕС, США характерно, прежде всего, производство биодизеля и биоэтанола, которые в дальнейшем передаются на нефтеперерабатывающие

предприятия, где с их помощью производят товарные топлива для двигателей с искровым зажиганием – E10, E15, E85; для дизельных двигателей B5, B10, B20.

Для российских предприятий главные задачи – уменьшение стоимости моторных топлив и снижение зависимости от поставок нефтепродуктов. В связи с этим выбираются другие технологии получения готовых продуктов с использованием биотоплив. Причем производство и использование биоэтанола в России облагается большими акцизными сборами, поэтому использование биоэтанола ограничено исследовательскими целями, а строящиеся предприятия ориентированы на экспорт.

Наиболее распространенным типом двигателей сельскохозяйственного назначения являются дизельные двигатели (транспортирные, тракторные, комбайновые, технологические и др.). Соответственно в большей мере развивается получение биотоплив для дизельных двигателей.

Для климатических условий России наиболее перспективно с экономической точки зрения применение рапсового масла. При средней урожайности рапса 18 центнеров с гектара и получении из 1 т семян около 340 кг масла с 1 га можно получить 600 кг биодизеля, что позволит обработать 10 га пашни.

Рапсовое масло – продукт, широко используемый в натуральном виде на пищевые цели, а для технических целей – от использования в качестве исходного материала для химического синтеза – до применения в виде смазочных средств и перспективного вида биотоплива для дизельных двигателей. Традиционная технология производства биодизеля основана на обработке растительных масел (рапсового, соевого, подсолнечного и др.) спиртами в присутствии щелочных катализаторов. Продуктами реакции являются эфиры жирных кислот (собственно биодизель) и глицерин [1, 2].

В настоящее время в России и за рубежом помимо применения чистого биодизельного топлива рассматриваются практические аспекты использования в дизельных двигателях 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 использо-

вания необходима конструктивная доработка дизельного двигателя;

– биотопливо из смеси рапсового масла с дизельным топливом в различных пропорциях. Данный способ наименее затратен с экономической точки зрения, позволяет использовать биотопливо, обходясь только перерегулировкой двигателя. Однако данный способ ухудшает экономические и экологические характеристики двигателя.

– применение чистого биодизеля, а также различных смесей на основе нефтяного дизельного топлива, рапсового масла, биодизеля и биоэтанола. Данный способ позволяет получить удовлетворительные экономические и экологические показатели работы стандартного дизельного двигателя. К недостаткам относятся повышенная стоимость получения данного вида топлива.

Каждая группа из представленных способов 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 дизельного двигателя на использование биотоплив.

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

Опытная установка представляла один из самых распространенных типов двигателей – дизель серии Д-440 и Д-460 размерностью 130/140 производства ОАО «ПО АМЗ», которая унифицирована с автомобильными двигателями ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238. Это четырехтактные быстроходные дизельные двигатели с непосредственным впрыском топлива, объемно-пленочным смесеобразованием и водяным охлаждением. Опытная установка была оснащена необходимыми контрольно-измерительными приборами и специальным оборудованием для проведения исследований. В ходе испытаний регистрировались кон-

трольные показатели работы двигателя, индцировались внутрицилиндровое давление и параметры топливоподачи (давление и подъем иглы распылителя форсунки), также измерялись показатели вредных выбросов (окислов азота NO_x , окиси углерода CO и твердых частиц C).

В процессе проведения испытаний были исследованы вышеперечисленные способы использования биотоплив. Также были проведены специальные исследования, позволяющие оценить процессы, происходящие при работе на топливах с иными физико-химическими свойствами.

Наиболее простым способом является использование чистого рапсового масла в качестве моторного топлива.

Фермеры и сельскохозяйственные организации проявляют особый интерес к применению чистого рапсового масла в качестве топлива, поскольку себестоимость получения рапсового масла в 2-3 раза меньше стоимости нефтяного топлива, однако отличия физико-химических показателей создают ряд проблем при эксплуатации двигателя.

По своим физико-химическим свойствам рапсовое масло (РМ) стоит довольно близко к стандартному дизельному топливу (ДТ), но, в то же время, имеется ряд особенностей.

Физико-химические характеристики рапсового масла и дизельного топлива приведены в таблице 1.

Рапсовое масло имеет более высокую кинематическую вязкость по сравнению с ДТ, которая составляет $30,7 \text{ мм}^2/\text{с}$ при $40 \text{ }^\circ\text{C}$ (для ДТ- от 3 до $6 \text{ мм}^2/\text{с}$ при $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Вследствие этого при низких температурах возникают проблемы связанные с подачей рапсового масла к ТНВД.

Важнейшим параметром топлив, применяемых в дизелях, является их воспламеняемость, характеризующаяся цетановым числом, определяющая пусковые свойства дизеля, жесткость рабочего процесса, расход топлива и дымность отработавших газов. Цетановое число рапсового масла составляет 35-40 единиц, дизельного летнего топлива 45 единиц. Соответственно воспламеняемость масла несколько хуже, по сравнению с дизельным топливом.

Развиваемая двигателем мощность определяется главным образом количеством впрыскиваемого в камеру сгорания топлива и его теплотворной способностью. Для оценки теплотворной способности топлива используют низшую теплоту сгорания, которая для рапсового масла составляет 37000 кДж/кг ,

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ

тогда как для дизельного топлива этот показатель равен 42500 кДж/кг. Объясняется это содержанием в масле 11 % кислорода, который практически полностью отсутствует в ДТ. Вследствие этого происходит уменьшение мощности из-за уменьшенного теплового содержания цикловой порции, которая частично компенсируется большей плотностью масла по отношению к традиционному топливу.

Таблица 1 – Физико-химические показатели

Показатели	Дизельное топливо (летнее) по ГОСТ 305 – 82	Рапсовое масло
Цетановое число	45	40
Фракционный состав: 10 % перегоняется при температуре, °С 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше 90 % перегоняется при температуре, °С, не выше	197	311
	245	329
	328	341 (разложение)
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с при 60 °С, мм ² /с при 100 °С, мм ² /с	4,58	76,0
	-	19,7
	-	8,04
Температура застывания, °С, не выше	-10	-23
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	833,2	917,4
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	40	более 100
Нижшая теплота сгорания, МДж/кг	42,5	37

С увеличением плотности топлива происходит более раннее начало подачи топлива, а при повышенной вязкости увеличивается продолжительность впрыска, уменьшаются утечки топлива через зазоры, что приводит к увеличению цикловой порции топлива. Эта разница будет выше тем выше, чем выше частота вращения коленчатого вала двигателя.

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК №1-2 2009

Вязкость и плотность топлива также оказывают значительное влияние на процессы распыливания и смесеобразования. Чем больше вязкость и плотность, тем крупнее получаются капли при распыливании и тем дальнотойнее будет струя топлива. При этом ухудшается качество распыливания и испарения топлива, следствием чего является неполное сгорание, образование нагара и лаковых отложений.

На первом этапе исследований не проводилось никаких оптимизационных мероприятий для работы двигателя на рапсовом масле. Были приведены в норму штатные регулировки и комплектация двигателя для его работы на стандартном нефтяном дизтопливе.

В ходе проведения эксперимента и обработки получены данные, на основании которых проведен сравнительный анализ рабочего процесса двигателя с использованием двух видов топлива.

Полученные данные по экономичности и по вредным выбросам приведены на рисунках 1 и 2.

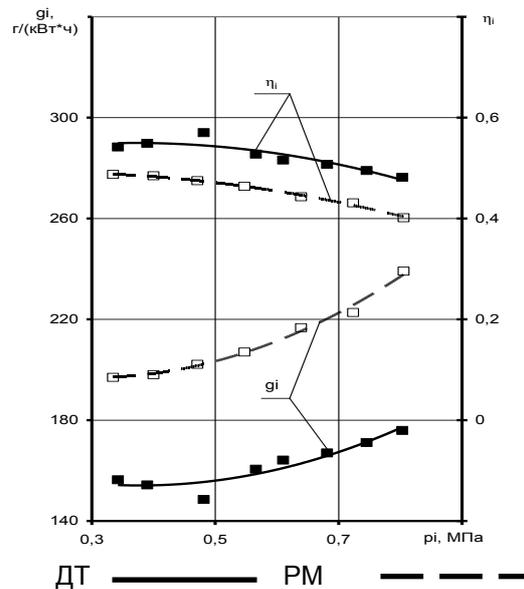


Рисунок 1 – Параметры экономичности работы двигателя

При работе на неадаптированном дизельном двигателе получены следующие результаты:

- рабочий процесс на рапсовом масле обладает худшими экономическими показателями по причине большей продолжительности процесса сгорания;
- для рапсового масла улучшаются экологические показатели: уменьшается содер-

жание твердых частиц С и окислов азота NO_x , по несколько увеличиваются выбросы окиси углерода CO .

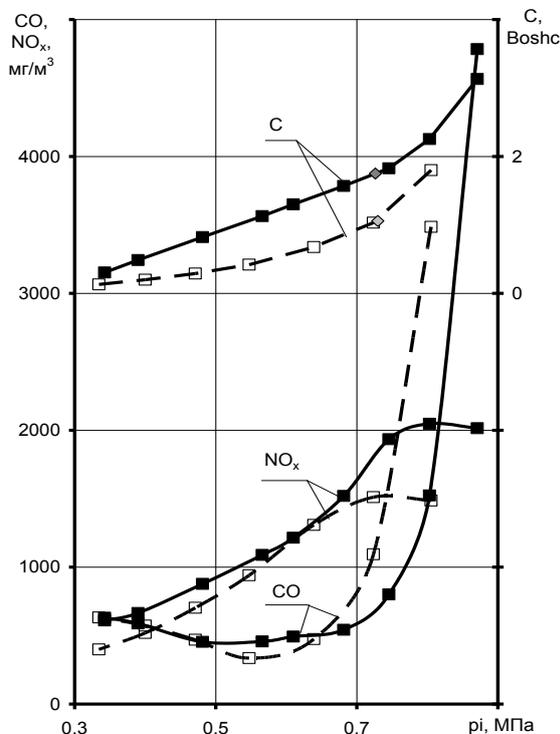


Рисунок 2 – Состав отработавших газов:
 — ДТ; — РМ

По результатам исследований был сделан вывод о необходимости доводки рабочего процесса.

Для улучшения показателей необходимо:

- обеспечение подготовки топлива;
- обеспечение необходимых параметров топливopодачи для осуществления эффективного смесеобразования;
- организация процесса сгорания.

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

- сокращение продолжительности ввода тепла в цикл;
- обеспечение оптимального момента начала впрыска топлива;
- достижение более высокой мелкости распыливания топлива;
- достижение более высокой равномерности распределения концентрации частиц топлива в поперечном сечении факела топлива и по объему камеры сгорания двигателя;

- снижение дальности топливного факела.

Для достижения этих целей были проведены исследования влияния:

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

Приоритетным в дальнейших исследованиях являлось улучшение экономических и экологических показателей.

Для исследования развития топливного факела были проведены специальные исследования. Данный этап исследований проводился на моторном стенде с использованием видеосистемы VS-СТТ-285/Х/Е-2001/М. Полученные снимки подвергались обработке: производились расчеты изменения геометрических параметров топливного факела: углов раскрытия, скорости распространения фронтальной части факела, кроме того проводилась сравнительная оценка факелов рапсового масла и дизтоплива по равномерности распределения капель в поперечном срезе факела.

На рисунке 3 приведены обработанные и совмещенные для сравнительного анализа снимки топливных факелов рапсового масла и нефтяного дизтоплива. Анализом подобных снимков были получены и математически описаны закономерности развития топливных факелов рапсового масла и дизтоплива.

По результатам обработки данных было установлено:

- топливный факел рапсового масла имеет меньший угол раскрытия, разница, в зависимости от размера сравниваемых сопел, составляет 40-100%;
- процесс впрыска рапсового масла начинается на 3-3,5 градуса поворота коленчатого вала позже, при одинаковом значении подъема иглы форсунки;
- факел дизтоплива имеет более высокую скорость, чем факел рапсового масла в начальные этапы времени. С удалением от сопла фронт факела дизтоплива быстрее теряет скорость, тогда как фронт факела рапсового масла продолжает перемещение с примерно постоянной скоростью в исследованном диапазоне времени.
- дальность факела рапсового масла гораздо больше;
- факел рапсового масла обладает более высокой неравномерностью распределения концентрации капель топлива по объему.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ

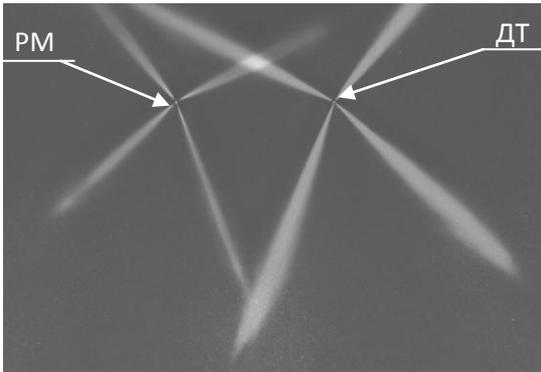


Рисунок 3 – Осредненные и совмещенные снимки факелов дизтоплива и рапсового масла на фазе активного впрыска

По завершении данного этапа исследований были намечены работы по следующим направлениям:

- изменении конструкции распылителя форсунки для чего проводились сравнительные испытания трех типов распылителей: штатный распылитель, предназначенный для работы на дизтопливе; специальный распылитель 6A1P (производства АЗПИ), предназначенный для работы на рапсовом масле и опытный распылитель, разработанный на кафедре ДВС АлтГТУ;
- работа дизеля на водо-топливной эмульсии;
- подача сжатого воздуха в топливный факел при помощи специальной форсунки.

Далее приведены результаты исследований по оптимизации экономичности в зависимости от ранее выбранных технологических решений.

На рисунке 4 представлены графики изменения показателей экономичности работы двигателя в зависимости от значения угла опережения впрыска топлива при работе на чистом рапсовом масле.

Оптимальным углом опережения впрыска топлива, при работе двигателя на рапсовом масле, можно считать угол порядка 32-33 градусов до ВМТ, что на 2-3 градуса раньше, чем для стандартного дизтоплива нефтяного происхождения.

Для исследования влияния температуры рапсового масла на рабочий процесс двигателя установка была оборудована устройством подогрева топлива на линии низкого давления и приборами контроля температуры в корпусе топливного насоса высокого давления (ТНВД). Топливо подвергалось нагреву в диапазоне от 40 до 95 °С.

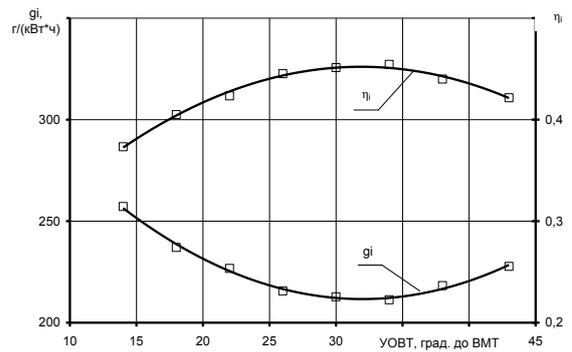


Рисунок 4 – Изменение параметров экономичности в зависимости от угла опережения впрыска топлива

На рисунке 5 представлены данные исследования влияния степени подогрева рапсового масла на показатели экономичности работы двигателя.

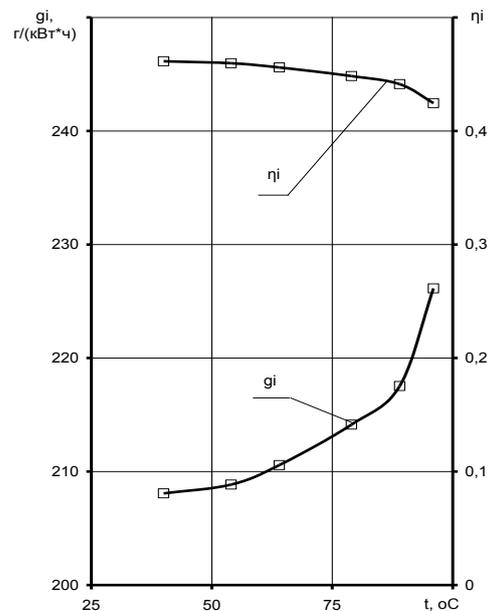


Рисунок 5 – Изменение показателей экономичности в зависимости от температуры топлива на входе в ТНВД на режиме 1750 мин⁻¹

Исходя из данных проведенного исследования, можно сделать следующий практический вывод:

для организации работы двигателя на чистом рапсовом масле необходимо организовать подогрев топлива для снижения его вязкости для обеспечения свободного движения по элементам трубопровода низкого давления, в особенности, через топливный

фильтр. При этом подогрев должен быть в районе 40 °С, т.к. более низкая температура приводит к значительным гидравлическим потерям, а значительное увеличение температуры обуславливает ухудшение экономичности дизеля.

Исследование влияния усилия предварительной затяжки пружины форсунки. Для данного типа двигателя номинальным значением данного параметра является давление 17,5 МПа. В ходе испытаний путем изменения настройки форсунки давление меняли в диапазоне от 15 до 22,5 МПа (рисунок 6).

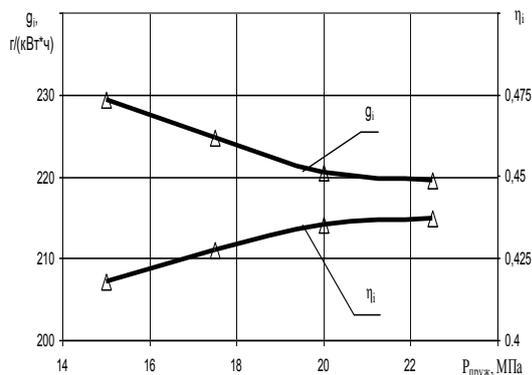


Рисунок 6 – Влияние давления начала впрыска топлива на показатели экономичности

На основании проведенного исследования следует, что нецелесообразно понижать давление начала впрыска ниже чем 17 МПа, т.к. это приводит к существенному ухудшению экономичности. Повышение давления ведет к небольшому улучшению экономичности работы двигателя и снижению токсичности отработавших газов, что позволяет сделать вывод о целесообразности его увеличения, но до пределов допустимых топливными насосами данной конструкции, по причине роста нагрузки на детали ТНВД. Применение систем топливоподачи с повышенной энергией впрыска, при использовании рапсового масла, должно положительно сказаться на технико-экономических параметрах двигателя, поэтому наиболее перспективно применение систем Common Rail или индивидуальных насос-форсунок с давлением впрыска до 250 МПа.

Одним из способов снижения влияния вязкости на параметры топливоподачи, является увеличение расходных характеристик распыливающих отверстий распылителя форсунки. Для этого используют распылители с увеличенным эффективным проходным сечением (μf). В ходе проведения данных ис-

следований использовались распылители с $\mu f=0,237 \text{ мм}^2$ и $\mu f=0,313 \text{ мм}^2$.

При испытаниях обнаружено, что в области малых нагрузок распылители с различным эффективным проходным сечением обеспечивали одинаковые показатели экономичности (рисунок 7), но по мере увеличения нагрузки выше средней распылители с большим эффективным сечением обеспечивают лучшие показатели экономичности дизеля.

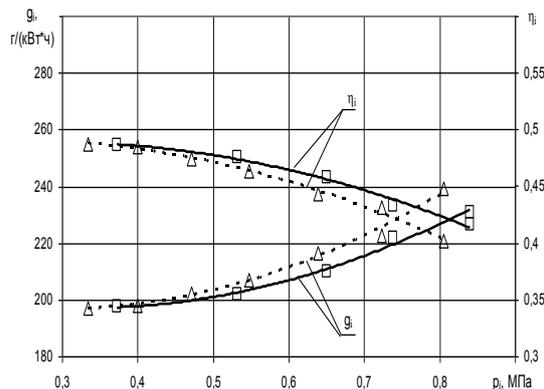


Рисунок 7 – Влияние эффективного проходного сечения распылителя на показатели экономичности работы двигателя: _____ распылитель с $\mu f=0,237 \text{ мм}^2$; _____ распылитель с $\mu f=0,313 \text{ мм}^2$

Влияние конструкции распылителя на рабочие показатели двигателя. Микро- и макроструктура топливо-воздушной смеси внутри цилиндра двигателя определяется мелкокостью распыливания топлива. Именно от этого зависит процесс воспламенения, полнота и своевременность сгорания топлива.

Равномерность распределения топлива в объеме камеры сгорания зависит от направления топливных струй распылителя форсунки.

При проектировании топливной аппаратуры необходимо учитывать геометрия камеры сгорания и свойства топлива, которые определяют количество и размер сопловых отверстий распылителя.

На рисунке 8-11 представлены образцы результатов оптического исследования разных конструкций распылителей на номинальном режиме на одинаковой (по времени) фазе активного впрыска.

По результатам анализа моторных испытаний следует, что применение распылителей специального типа приводит к улучшению параметров работы двигателя (рисунок 12).

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ

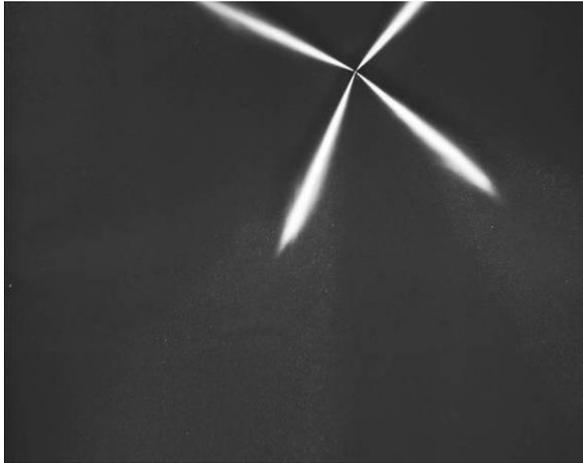


Рисунок 8 – Штатный распылитель 6A1, впрыск дизтоплива

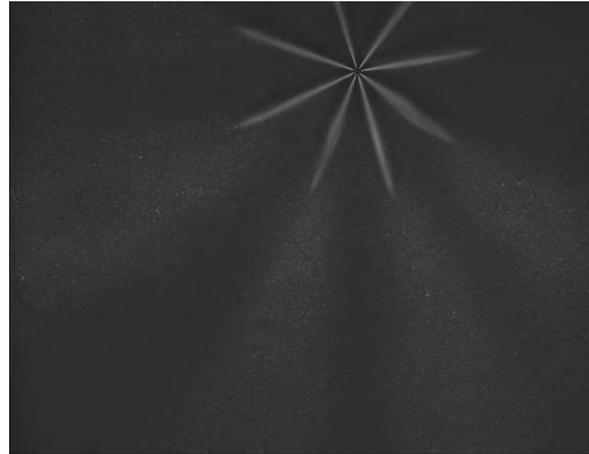


Рисунок 11 – Опытный распылитель каф. ДВС, впрыск рапсового масла



Рисунок 9 – Штатный распылитель 6A1, впрыск рапсового масла

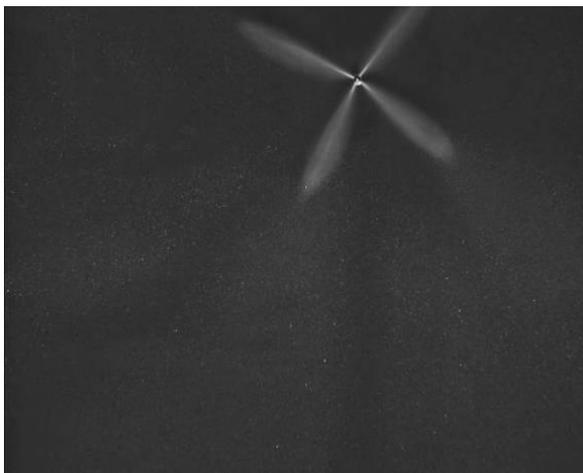


Рисунок 10 – Специальный распылитель 6A1P, впрыск рапсового масла

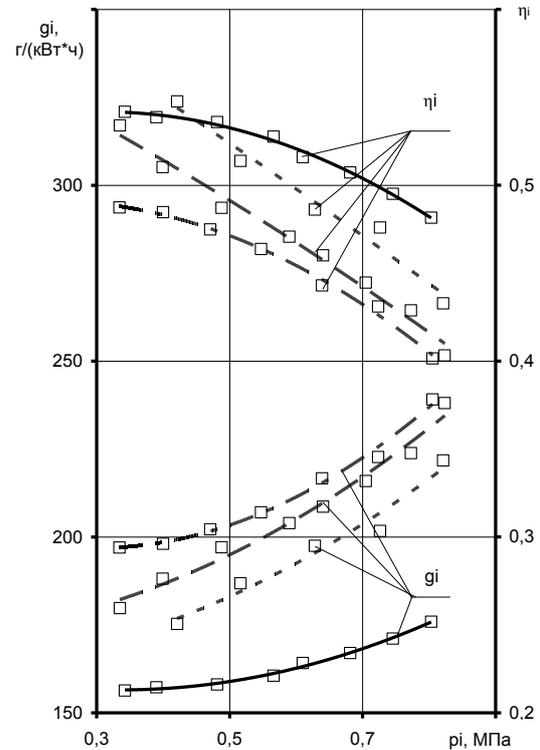


Рисунок 12 – Показатели экономичности при работе двигателя на рапсовом масле и дизельном топливе с разными распылителями: _____ распылитель 6A1 – дизтопливо; ___ . ___ распылитель 6A1 – рапсовое масло; ___ . ___ распылитель 6A1P – рапсовое масло; _ _ _ распылитель опытный – рапсовое масло

Специальный распылитель 6A1P позволяет получить снижение удельного индикаторного расхода топлива на 8-16 г/(кВт·ч), индикаторный кпд увеличивается на 1-2 %;

опытный специальный распылитель, разработанный на кафедре ДВС, более существенно улучшает показатели экономичности – снижение расхода топлива составляет 18-23 г/(кВт·ч), индикаторный кпд увеличивается на 3-6 %, причем в области низких нагрузок индикаторный кпд превысил значения, свойственные работе двигателя на дизтопливе на штатном распылителе.

Подача сжатого воздуха в топливный факел при помощи специальной форсунки. При истечении 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 по окислителю за счет расширения пузырьков воздуха и газов на выходе из сопловых отверстий распылителя, и улучшение условий его воспламенения, тем самым уменьшается вероятность образования зон, переобогащенных топливом.

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

Исследования показали, что присадка воздуха в топливо при различном давлении для номинального режима работы 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.

Аналогично изменяется удельный индикаторный расход топлива. Сравнивая показатели рабочего процесса и токсичности при различных давлениях подачи воздуха (рисунок 13), можно заметить, что наиболее оптимальное значение давления воздуха составляет 1,0 МПа (10 кгс/см²). При данном давлении индикаторный КПД цикла на номинальном режиме имеет максимальный КПД, а показатели токсичности (содержание окиси углерода и сажи в отработавших газах) - минимальное значение.

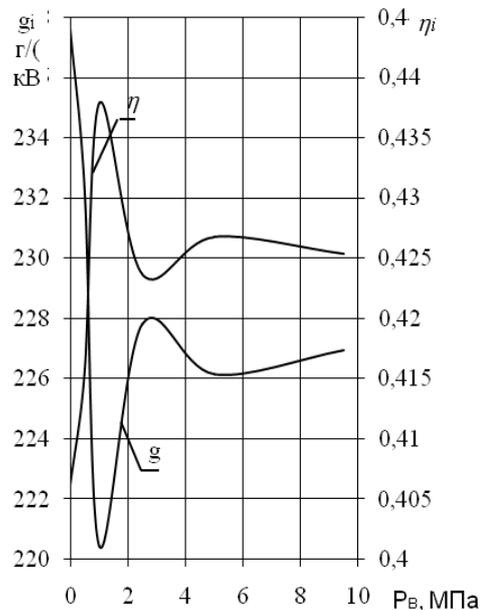


Рисунок 13 – Показатели экономичности при работе двигателя на рапсовом масле в зависимости от давления воздуха

Применение водотопливных эмульсий (ВТЭ), как способ интенсификации сгорания. Физическая сторона процесса связана с улучшением качества смесеобразования за счет:

- более тонкого распыливания топлива;
- дополнительного дробления капель топлива, благодаря эффекту «микровзрыва»;
- снижения локальной концентрации топлива внутри топливной струи.

Химическая сторона процесса связана с каталитическим воздействием водяного пара на процесс сгорания:

- Образующаяся в результате термической диссоциации ОН группа ускоряет процесс горения углеводородного топлива.
- Ускоряется процесс сгорания СО. В процессе испытаний были исследованы эмульсии с 10 %, 20 % и 30 % содержанием воды. В результате предварительных испытаний было установлено, что наибольший экономический эффект получился при содержании 20 % воды в эмульсии.

По результатам испытаний было выявлено, что происходит улучшение экономичности работы двигателя (рисунок 14). Индикаторный кпд увеличился до уровня, соответствующего работе двигателя на нефтяном дизтопливе, а удельный индикаторный расход топлива отличается лишь на величину пропорциональную разности низшей теплоты

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ

сгорания рапсового масла и нефтяного дизтоплива.

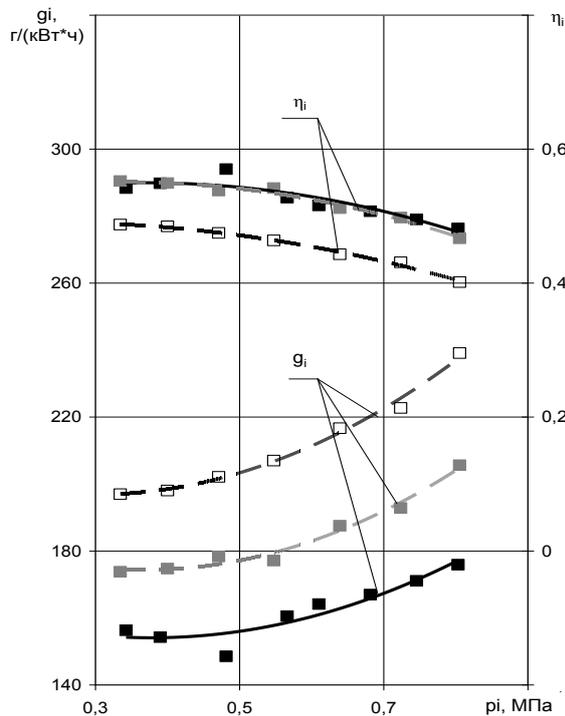


Рисунок 14 – Параметры экономичности работы двигателя на нефтяном дизтопливе, рапсовом масле и ВТЭ рапсового масла: ———— ДТ; - - - - - РМ; ······ ВТЭ РМ

Использование смесей топлив на основе рапсового масла и дизельного топлива 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 % рапсового масла (РМ);
- 100 % дизельного топлива (ДТ);
- 25 % ДТ + 75 % РМ;
- 50 % ДТ + 50 % РМ;
- 75 % ДТ + 25 % РМ.

Результаты испытаний на номинальном режиме в зависимости от состава топлива представлены на рисунке 15.

Для смесевых топлив с увеличением доли рапсового масла наблюдается увеличение удельного индикаторного расхода топлива и снижение удельного индикаторного расхода топлива по сравнению с работой на дизтопливе.

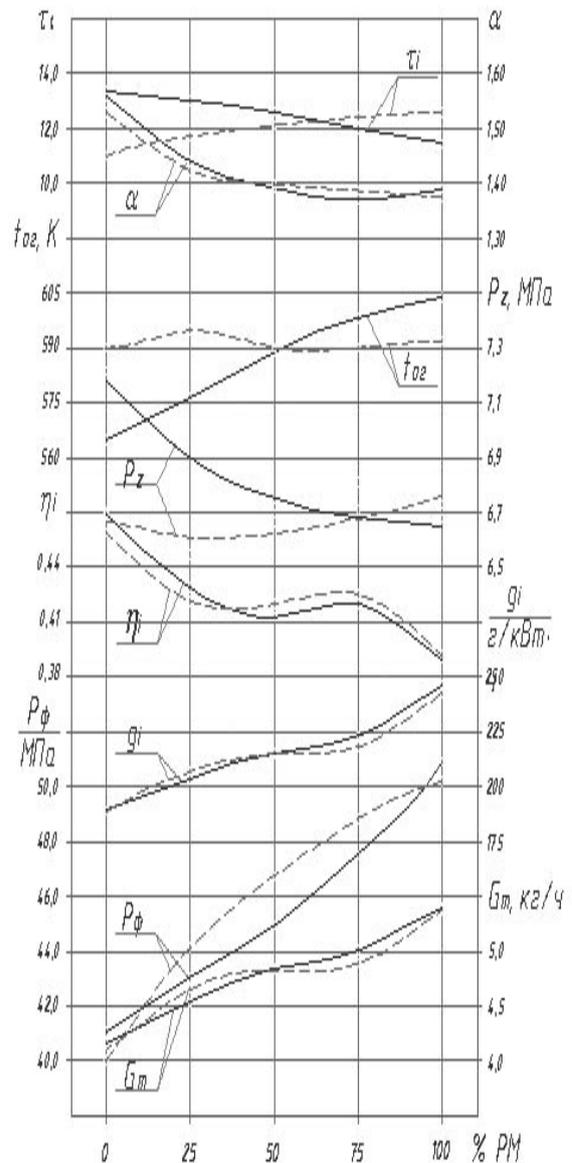


Рисунок 15 – Показатели рабочего процесса при использовании различного состава смесевых топлив на номинальном режиме: ———— распылитель 6А1; - - - - - распылитель 6А1Р

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

По результатам испытаний можно рекомендовать смесь 75 % рапсового масла и 25 % дизельного топлива как наиболее оптимальную при эксплуатации по совокупности

мощностных, экономических и экологических показателей.

Экспериментальное исследование параметров рабочего процесса дизеля при использовании биодизеля – метилового эфира рапсового масла в качестве топлива. Данные исследования проходили в рамках краевой программы «Рапс-биодизель».

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

Исследования показали:

- применение образца №2 с увеличенным содержанием рапсового масла практически не влияет на мощностные и экономические параметры (рисунок 16);

- различие химического состава образца №2 предопределяет увеличение продолжительности сгорания, что приводит к некоторому увеличению теплонапряженности деталей, снижению выбросов окислов азота и увеличению выбросов твердых частиц и окиси углерода.

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.

Также проводились работы по применению смесевых топлив на основе использования нефтяного дизельного топлива, рапсового масла, биодизеля и биоэтанола.

Подобные работы позволяют создать перспективные моторные топлива. Удовлетворяющие требования EVRO-V и EVRO-V. Данные по результатам этого направления

исследований рассмотрены в других статьях «Ползуновского вестника».

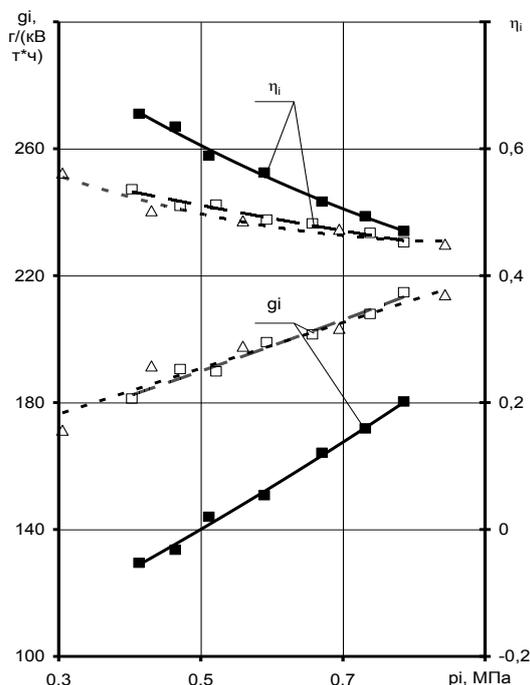


Рисунок 16 – Удельный индикаторный расход топлива (g_i) и индикаторный КПД двигателя (η_i): — дизтопливо; — — — образец №1; образец №2

Дальнейшим направлением исследований является создание опытных установок, работающих на биотопливах, и оценка их эксплуатационных свойств

ЛИТЕРАТУРА

1. Demirbas, A. Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines. – Springer-Verlag London Limited, 2008 – 208 p.
2. The biodiesel handbook. – AOCS Press, Champaign, Illinois, 2005 – 303 p.
3. Биотопливо вместо солянки, выход из «нефтяного» тупика // Агро-Инфор. – 2006. – № 96.
4. Марченко, А. П. Сравнительная оценка эффективности применения растительных топлив в дизельном двигателе / А. П. Марченко, А. Ф. Минак, И. А. Слабун // Двигатели внутреннего сгорания. – 2004. – № 1. – С. 46-51.