

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА В ДИЗЕЛЯХ

Д.Д. Матиевский, С.П. Кулманакон, С.В. Лебедев, А.В. Шашев

История развития двигателей с воспламенением от сжатия, на сегодняшний день насчитывает уже более ста лет. Этот тип двигателей прошел сложный процесс эволюции от предложенной Рудольфом Дизелем идеи компрессорного впрыска угольной пыли до современных высокооборотных машин, впитавших в себя множество достижений научно-технического прогресса.

Благодаря особенностям протекания рабочего процесса, двигатель с воспламенением от сжатия позволяет применять топлива широкого фракционного состава. На одном из этапов освоения дизелей большой интерес, особенно со стороны военных, проявлялся к конструкциям так называемых «всеядных» или многотопливных двигателей [1].

Новым этапом заинтересованности к вопросу применения в двигателях топлив, отличных от традиционных нефтяных, стал поиск возобновляемых источников горючего на фоне общего энергетического кризиса, начавшегося в конце 70–х семидесятых – начале 80–х гг. прошлого столетия. На начальном этапе развития этой идеи, особое предпочтение отдавалось вопросу применения спиртов из сырья растительного происхождения, и в этой области были достигнуты определенные успехи, как в разработке, так и в реализации технических решений [2].

В настоящее время в большинстве развитых стран мира большое внимание уделяется производству топлива на основе рапсового масла, так называемому биотопливу, основным достоинством которого является возобновляемость. Но помимо этого свойства ему присущи и более высокие экологические характеристики, в сравнении с традиционным топливом нефтяного происхождения. Двигатель, работающий на рапсовом масле, выбрасывает в атмосферу ровно такое же количество углекислого газа, какое было поглощено из неё в процессе фотосинтеза растением рапс, следовательно, он не усугубляет ситуации с балансом двуокиси углерода в атмосфере. Кроме того, само топливо, в случае его утечки, быстро распадается в почве (на 98% за 21 день) и не оказывает длительного негативного воздействия на окружающую среду. Сравнительный анализ вредных выбросов на примере окиси углеро-

да и оксидов азота будет приведен ниже на основании экспериментальных данных, полученных в ходе лабораторных исследований (рис. 3 и 4).

В странах ближнего зарубежья, таких, как Украина и Литва действуют правительственные программы, направленные на решение вопросов, связанных с производством и применением топлива на основе рапсового масла.

В России существует программа «Энергосбережение в АПК» на 2001 – 2006 гг., разработанная в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 15.06.98 г. № 588. Её целью является разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий в области агропромышленного комплекса, а также разработка методов получения и использования альтернативных топлив на основе растительного сырья, в том числе топлив на основе рапсового масла.

Для России эта задача актуальна не только в условиях истощения мировых запасов нефти, но и в сложившейся ситуации регулирования цен на нефтепродукты на внутреннем рынке, когда производители сельхозпродукции испытывают большие затруднения из-за высоких цен на горючесмазочные материалы.

Особенно это заметно на примере аграрных районов, областей и краев. На территории России существует множество работающих и развивающихся хозяйств различной величины, занимающихся производством сельскохозяйственной продукции. И, как известно, эти хозяйства испытывают подчас серьёзные трудности, связанные с высокой ценой на топливо, особенно в период уборки урожая. Одним из вариантов решения данной проблемы является использование в качестве топлива рапсового масла.

Для производящих сельхозпродукцию предприятий производство рапсового масла значительно дешевле, чем закупка нефтяного топлива и обеспечивает определённую независимость от поставщиков нефтепродуктов. Поэтому со стороны таких предприятий прослеживается определённая заинтересованность к разработкам в данной области, так как в условиях сельского хозяйства то-

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА В ДИЗЕЛЯХ

ливо на основе рапсового масла в сравнении с нефтяным является более доступным и менее дорогим.

Для использования рапсового масла в качестве топлива, рассматривают два пути. Один из них предполагает изменение конструкции дизельного двигателя таким образом, чтобы в нём можно было эффективно сжигать чистое рапсовое масло. Другой путь предполагает получение этилового или метилового эфира рапсового масла методом этерификации. Этот процесс можно осуществить только в специальных этерификационных установках [3].

В зарубежных странах на автомобильном транспорте это уже реализуется, например, в Европе существуют заправочные станции, предлагающие потребителям топливо на основе эфира рапсового масла. США имеют опыт использования биотоплива на городских автобусах. Эфир используют, как правило, не в чистом виде, а в смеси с нефтяным дизельным топливом в разных пропорциях, доля эфира составляет 5 – 30 %.

В таблице 1 приведены некоторые физико-химические показатели рапсового масла, метилового эфира рапсового масла и стандартного нефтяного дизельного топлива. Сопоставляя значение цетанового числа рапсового масла и эфира, можно утверждать, что данные топлива пригодны для использования их в двигателях с воспламенением от сжатия.

Таблица 1

Показатель	PM*	RME**	ДТ***
Цетановое число	40	48	45
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	37	37	42,5
Плотность при 20 °С, кг/м ³	917,4	860-900	860
Теплота сгорания стехиометрической смеси, МДж/кг	2,98	2,98	2,96
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	выше 100	не выше 56	не выше 40

Примечание. * - рапсовое масло; ** - метиловый эфир рапсового масла; *** - дизтопливо ГОСТ 305-82

Теплотворная способность рапсового масла и его эфира, характеризуемая таким показателем, как низшая теплота сгорания, несколько ниже, чем у стандартного дизтоплива, по причине большого содержания кислорода в топливе, до 10 %, в дизтопливе этот элемент отсутствует. Но плотность, как

рапсового масла, так и эфира выше, чем у стандартного дизтоплива, что повышает энергонасыщенность цикловой порции, равного объема.

По такому показателю, как теплота сгорания стехиометрической смеси, данные альтернативные топлива незначительно превосходят стандартное топливо.

С точки зрения эксплуатации немаловажным является такой показатель, как температура вспышки в закрытом тигле. Чем ниже значение этой температуры, тем более пожароопасным является топливо. Исходя из представленных значений видно, что оба альтернативных топлива выгодно отличаются от стандартного нефтяного.

На рис. 1 приведена диаграмма зависимости кинематической вязкости от температуры для трех видов топлива: рапсового масла, метилового эфира рапсового масла и нефтяного дизельного топлива.

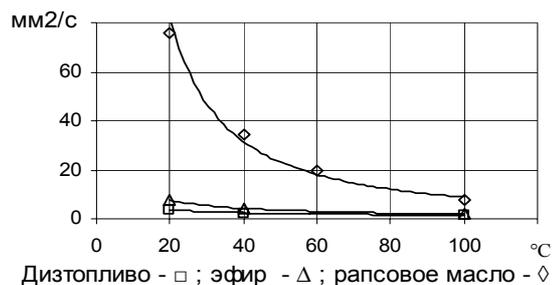


Рис. 1

Из рассмотрения этой диаграммы видно, что вязкость эфира очень близка к вязкости традиционного топлива, например при температуре 40° С вязкость эфира составляет 4 мм²/с, а вязкость дизельного топлива – 2,4 мм²/с при той же температуре. Это является преимущественным отличием эфира от чистого рапсового масла и делает возможным применение его на любом типе дизельного двигателя без существенных конструктивных изменений последнего, т.к. вязкость является одним из определяющих показателей, влияющих на качество процесса топливоподдачи, смесеобразования и сгорания. Можно предположить, что в случае использования эфира в качестве топлива для двигателя с воспламенением от сжатия, процессы распыливания топлива и смесеобразования не будут существенно отличаться от аналогичных процессов при использовании дизельного топлива.

Как отмечалось выше, для применения рапсового масла в качестве топлива рас-

смазываются два пути: использование масла в чистом виде и использование продукта его переработки метилового эфира. Каждый из этих путей имеет свои преимущества и недостатки, связанные с особенностями производства и использования данных альтернативных топлив.

Из представленной диаграммы на рис. 1 видно, что рапсовое масло в чистом виде существенно отличается от традиционного дизельного топлива нефтяного происхождения. Его вязкость при 40°C составляет порядка 35 мм²/с (вязкость дизельного топлива 2,4 мм²/с, при тех же условиях). По диаграмме видно, что лишь при нагреве до температуры близкой к 100°C вязкость рапсового масла становится сопоставимой с вязкостью нефтяного дизельного топлива. Поэтому для его использования в двигателе необходимо предусмотреть комплекс соответствующих конструктивных мероприятий позволяющих качественно осуществить процессы топливоподачи, смесеобразования и сгорания. Для решения этих задач необходимо проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

В рамках совместной научной работы Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова и Мореходного института Клайпедского университета на кафедре Двигатели внутреннего сгорания АлтГТУ начаты исследования рабочего процесса дизеля, работающего на рапсовом масле и продукте его переработки – метиловом эфире рапсового масла. Одной из основных целей данной работы является последующая реализация на практике результатов исследований.

Поскольку планируется проведение исследований широкого спектра топлив на основе рапсового масла и его метилового эфира, то в качестве объекта, посредством которого будут проведены эти испытания, выбран одноцилиндровый двигатель УК-2. Он представляет собой одноцилиндровый отсек одно-го из самых распространенных типов двигателей – дизеля серии А-01 и А-41 размерностью 130/140 производства ОАО «ПО АМЗ», который по деталям цилиндропоршневой группы, распылителям форсунок и многим деталям механизма газораспределения унифицирован с автомобильными двигателями ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238. Это четырехтактные быстроходные дизельные двигатели с непосредственным впрыском топлива, с объемно-пленочным смесеобразованием, водяного охлаждения.

Дизели серии А-01 и А-41 широко используются на гусеничных и колесных тракторах, трелевочных тракторах, валочно-трелевочных машинах, а также, в качестве силовых агрегатов передвижных и стационарных электростанций, буровых установок, насосных станций, дождевальных установок, экскаваторов, грейдеров, дорожных катков и других машин, применяемых в сельском хозяйстве.

Углубленная программа исследований включает:

1. Проведение сравнительных исследований подачи, кинетики воспламенения и сгорания нефтяного топлива, биотоплива и его смесей в цилиндре дизеля. Это позволит получить обобщенные закономерности особенностей впрыска, предпламенных процессов и горения данных видов топлив.

2. Создание математического аппарата и его реализация в форме прикладного программного обеспечения для последующего расширения рамок исследования на другие модели дизелей и нерасчетные режимы эксплуатационных характеристик.

3. Разработка типовых решений приспособления эксплуатируемых типажей дизелей для работы на биотопливе и его смесях, доступных для условий эксплуатации и ремонтных (сервисных) центров.

Нагрузочный стенд с двигателем УК-2 оснащен комплексом оборудования, позволяющим регистрировать быстропротекающие процессы в двигателе, а именно, давление внутри цилиндра двигателя, давление топлива в магистрали высокого давления и подъем иглы форсунки. Указанные давления измеряются пьезодатчики, а подъем иглы форсунки индуктивным датчиком. Сигналы от датчиков усиливаются и поступают на вход аналого-цифровых преобразователей, входящих в состав ПК-совместимой станции сбора данных Н-2000. Станция обладает возможностями скоростного сбора, передачи, визуализации информации, а также выдачи команд управления. Данный комплекс оснащен параллельными и последовательными аналого-цифровыми преобразователями, обеспечивающими скорость сбора информации до 400 кГц.

В качестве программного обеспечения используется пакет «ACTest», осуществляющий настройку сценариев эксперимента, проведение эксперимента в реальном масштабе времени с одновременной архивацией и визуализацией данных эксперимента, а так же последующий просмотр и анализ результатов

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА В ДИЗЕЛЯХ

измерений. Блок послесеанной обработки позволяет провести детальный анализ полученных результатов, используя архив данных эксперимента. Визуализация данных эксперимента осуществляется в виде графиков с временной или параметрической зависимостью, а также предусмотрена возможность масштабирования и прокрутки графиков.

Также при испытаниях производится измерение состава отработавших газов с помощью лабораторного газоанализатора «Quintox 9106», позволяющего регистрировать свободный кислород, оксиды азота, окись углерода и оксид серы и проводить другие измерения, характерные для стендовых испытаний двигателей.

Содержание твердых частиц в отработавших газах определяется с помощью дымомера Bosch.

Первый этап исследований

Первый этап исследований состоял в снятии нагрузочных характеристик при частоте вращения коленчатого вала двигателя 1750 мин⁻¹ и регулировочных характеристик по углу опережения впрыска топлива при той же частоте вращения. Испытаниям подвергались следующие образцы топлива:

- стандартное дизельное топливо (ГОСТ 305-82);
- рапсовое масло (ГОСТ 8988-77);
- смеси рапсового масла с дизтопливом (15% и 30% смеси);
- метиловый эфир рапсового масла, стандарт LST EN 14214: 2003 «Автомобильные топлива. Метиловые эфиры рапсового масла (RRME), предназначенные для дизельных двигателей. Требования и методы исследования»;
- смеси эфира с дизтопливом (B15 - объемное содержание метилового эфира рапсового масла в смеси 15%; B30 - объемное содержание эфира в смеси 30 %).

Ниже представлены результаты исследования работы двигателя на трех видах топлива: чистом дизельном топливе, чистом метиловом эфире рапсового масла и чистом рапсовом масле.

Оценивая показатели работы двигателя, следует отметить увеличение удельного расхода топлива при переходе с традиционного топлива на альтернативное (рис. 2) причем разница в работе на чистом рапсовом масле более существенна, чем на эфире, и достигает 30% на больших нагрузках.

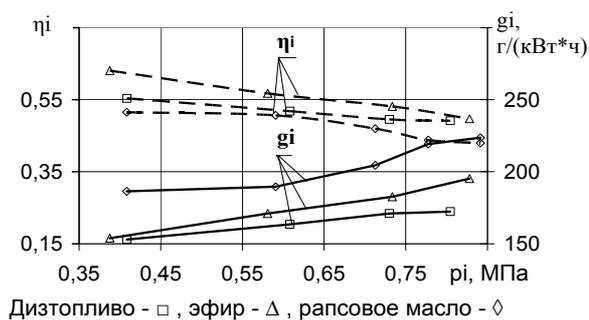


Рис. 2

Прежде всего, это обусловлено существенным различием физико-химических свойств, в особенности, высоким значением вязкости масла. Следует помнить, что все три вида топлива находились в одинаковых температурных условиях, 40° С, никакой оптимизации рабочего процесса при переходе на альтернативное топливо не проводилось, испытания проходили при штатных параметрах и регулировках топливоподачи для данного типа двигателя:

- использовался штатный распылитель;
- форсунка была отрегулирована на давление начала подачи топлива, соответственно, 17,5 МПа;
- угол опережения впрыска топлива соответствовал оптимальному для стандартного дизельного топлива (30° до ВМТ при установке в статике, по мениску).

Увеличение удельного расхода топлива и уменьшение индикаторного КПД двигателя, что отмечалось ранее, являются, как следствием, физических отличий (вязкость, плотность, поверхностное натяжение), так и следствием отличия теплотворной способности представленных топлив.

Для стандартного дизельного топлива значение низшей теплоты сгорания соответствует 42,5 МДж/кг, тогда как для метилового эфира рапсового масла значение этого показателя 37,1 МДж/кг, а для рапсового масла 37,5 МДж/кг.

Сравнительную оценку экологических показателей двигателя при его работе на представленных трех видах топлива сделаем по содержанию оксида углерода и оксидов азота в отработавших газах двигателя (рис. 3 и 4).

По содержанию оксида углерода, видно, что при работе на рапсовом масле двигатель стал выбрасывать больше данного компонента отработавших газов, а при переходе на метиловый эфир рапсового масла меньше, в сравнении с работой на нефтяном топливе.

Эта картина сложилась по следующим вероятным причинам. Во-первых, топливо на основе рапсового масла является в значительной степени кислородсодержащим: массовая доля кислорода в нем равна 11,2 %, в то время, как для нефтяного дизельного топлива этот показатель близок к нулю. Наличие атомарного кислорода в топливе, а также незначительное отличие физических свойств обусловило меньшее содержание оксидов углерода в отработавших газах, и, следовательно, более качественный процесс сгорания при работе двигателя на метиловом эфире рапсового масла.

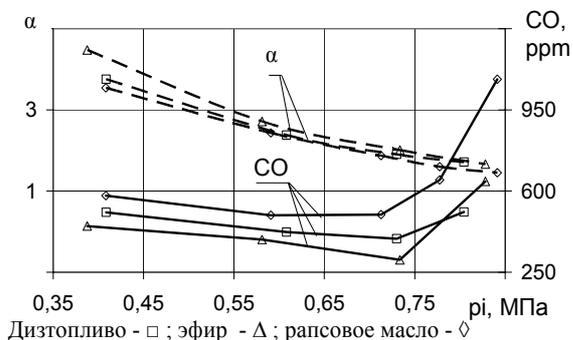


Рис.3

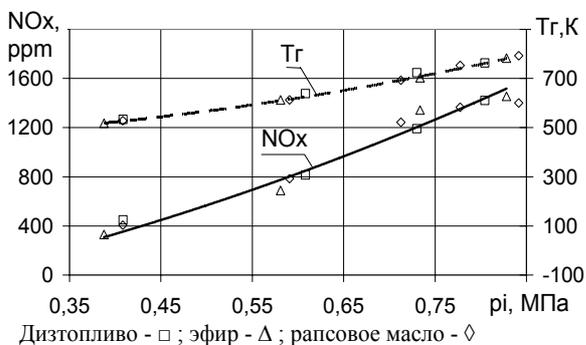


Рис.4

Оценивая содержание оксида углерода в отработавших газах при работе двигателя на чистом рапсовом масле, наблюдаем увеличение концентрации этого компонента. Это происходит по причине существенных отличий физических свойств масла от нефтяного топлива. Высокие значения вязкости, поверхностного натяжения и температуры испарения обуславливают существенное ухудшение процессов смесеобразования и сгорания внутри цилиндра двигателя, в сравнении с нефтяным топливом: капли крупнее, факел более дальнобоен, испарение с поверхности камеры сгорания хуже, что и является основ-

ной причиной повышения концентрации оксида углерода в отработавших газах двигателя.

Содержание оксидов азота, NOx в отработавших газах при работе двигателя на представленных трех видах топлива практически не изменилось, и отличия показаний укладываются в пределы погрешности измерений (рис. 4).

На рис. 5, 6, 7 и 8 представлены графики, построенные по данным индирования цилиндра двигателя, трубопровода высокого давления и записи диаграммы подъема иглы форсунки.

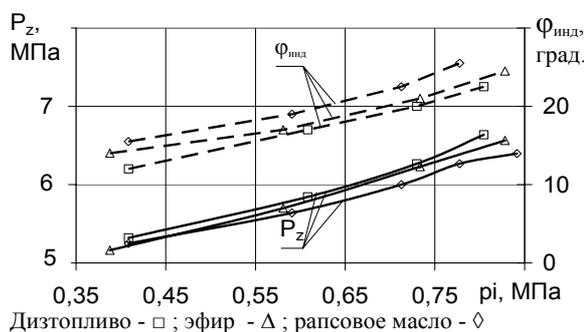


Рис. 5

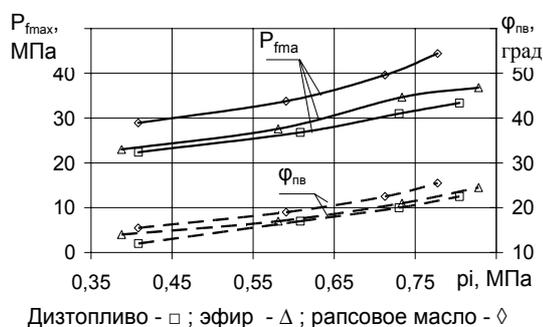


Рис. 6

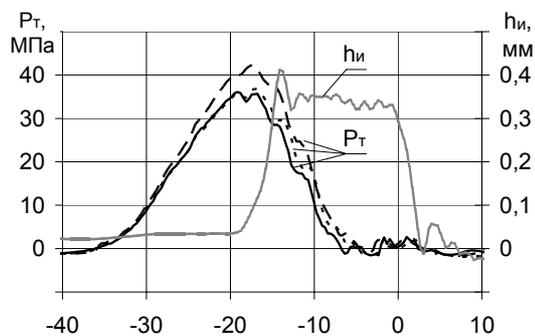


Рис. 7

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА В ДИЗЕЛЯХ

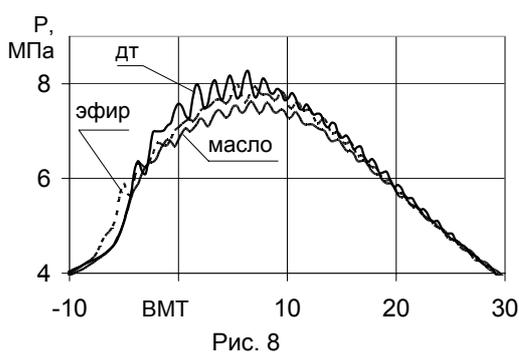


Рис. 8

При работе двигателя на рапсовом масле и его эфире наблюдается уменьшение максимальных давлений сгорания на 6,7% и 2,7% соответственно. Это видно при рассмотрении рис. 8, на котором приведен фрагмент индикаторной диаграммы одного цикла, а также при рассмотрении рис. 5, где представлены сведенные результаты обработки осредненных диаграмм. Уменьшение максимальных давлений сгорания произошло по причине того, что процесс сгорания рапсового масла и эфира продолжительнее нежели процесс сгорания дизтоплива.

По этой же причине уменьшается и максимальная температура цикла. Момент её достижения в цикле сдвинут дальше на линию расширения, что ведет к возрастанию потерь тепла в стенку цилиндра и с отработавшими газами.

Следует отметить и уменьшение периода задержки воспламенения (периода индукции) (рис. 5 и 8) особенно, в случае использования эфира, что является следствием большей склонности к самовоспламенению, значением цетанового числа для эфира на 3-4 единицы выше, чем у дизтоплива.

Особое внимание следует обратить на увеличение максимального давления топливоподачи и увеличение продолжительности впрыска (рис. 6 и 7), что обусловлено, в большей степени, повышенной вязкостью альтернативного топлива. При работе на чистом рапсовом масле, увеличение максимального давления топливоподачи составляет порядка 25% по сравнению с нефтяным дизельным топливом.

Изменение давления осуществлялось на выходе из топливного насоса высокого давления, после нагнетательного клапана.

Для использования рапсового масла и метилового эфира рапсового масла в качестве топлива для дизельного двигателя необходимо провести комплекс мероприятий по оптимизации рабочего процесса.

В случае использования метилового эфира рапсового масла эти мероприятия можно ограничить лишь корректировкой момента подачи топлива, а именно смещением угла опережения впрыска топлива в сторону более ранних углов.

Второй этап исследований

Для производства метилового или этилового эфиров рапсового масла необходимо иметь производственный комплекс, позволяющий осуществить данный технологический процесс. В европейских странах это направление находит реализацию, строятся минизаводы по производству эфиров. Но данный путь использования рапсового масла ведет к удорожанию топлива, а также делает сложным внедрение альтернативного топлива в отдельных сельскохозяйственных регионах, где нет возможности организовать производство эфира, это особенно актуально для России. В этой связи, последнее время более приоритетным оказывается использование в качестве топлива для дизелей чистого рапсового масла холодного отжима. В Германии, например, действует так называемая программа ста тракторов, в соответствии с которой в качестве топлива применяют чистое рапсовое масло.

Исходя из анализа литературных источников [1, 4-13], применение топлива на основе рапсового масла предпочтительней в дизелях с объемно-пленочным смесеобразованием, особенно это относится к применению чистого рапсового масла. В материале данной статьи представлены данные исследования работы дизеля с объемно-пленочным смесеобразованием, с камерой сгорания в поршне.

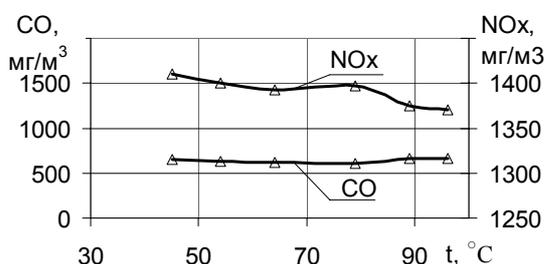
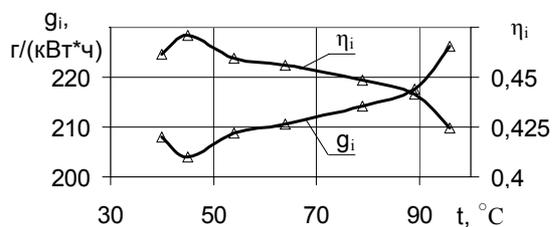
Для вскрытия возможностей и поиска путей использования рапсового масла без переработки и добавки нефтяного дизтоплива положено начало испытаниям рабочего процесса дизеля на чистом рапсовом масле.

Ниже приводится краткий анализ результатов лабораторных исследований влияния различных факторов на показатели работоспособности, экономичности и токсичности дизеля при его работе на чистом рапсовом масле.

Влияние температуры топлива на рабочие показатели двигателя

Для исследования влияния температуры топлива на рабочий процесс двигателя экспериментальная установка была оборудована устройством подогрева топлива на

линии низкого давления, для контроля температуры в корпусе топливного насоса высокого давления (ТНВД) установлена хромель-копелевая термопара, подключенная к термопотенциометру. Топливо подвергалось нагреву в диапазоне от 40 до 95 °С.



По мере увеличения температуры топлива до 95 °С наблюдается следующее:

- уменьшение на 5% индикаторной мощности двигателя;
- ухудшение экономичности, индикаторный расход топлива увеличился на 10% (рис. 9);
- содержание CO в отработавших газах не изменилось;
- содержание оксидов азота уменьшилось на 3% (рис. 10), что объясняется уменьшением периода задержки воспламенения.

По данным результатам можно сделать следующий практический вывод: для организации работы двигателя на чистом рапсовом масле необходимо организовать подогрев топлива, чтобы понизить его вязкость и дать ему возможность свободно проходить по трубопроводу низкого давления, в особенности топливному фильтру, но при этом подогрев должен быть ограничен, чтобы слишком большое увеличение температуры не приводило к ухудшению экономичности дизеля.

Влияние типа распылителя на рабочие показатели двигателя

В ходе исследования снимались нагрузочные характеристики на распылителях разного типа. В данном отчете приводя-

тся данные испытания двух распылителей производства ОАО «Алтайский завод прецизионных изделий». В таблице 2 приведены некоторые технические параметры рассматриваемых распылителей.

Таблица 2

Параметр	Распылитель	
	6А1	6А1Р
Назначение	ДТ*	РМ**
Эффективное проходное сечение m_f , mm^2	0,237	0,246
Ход иглы, мм	0,26	0,44
Количество распыляющих отверстий	4	8

Примечание. * – дизельное топливо; ** – рапсовое масло

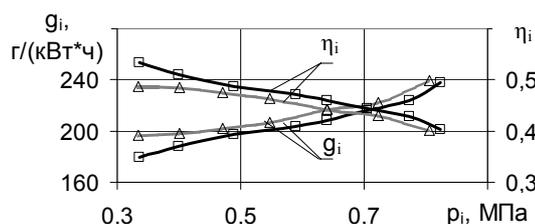
На рис. 11 и 12 приведены нагрузочные характеристики двигателя при его работе на представленных выше распылителях, где отмечено:

- распылитель 6А1;
- распылитель 6А1Р.

Сравнивая приведенные характеристики, можно сделать следующий вывод: применение специального распылителя для рапсового масла 6А1Р оправдано, т.к. наблюдается:

- улучшение экономичности двигателя, удельный индикаторный расход топлива уменьшился на 5% во всем диапазоне нагрузки;
- уменьшение содержания CO в отработавших газах на 80% при нагрузках близких к номинальной.

Следует отметить незначительное увеличение концентрации оксидов азота, особенно на номинальном режиме в следствие увеличения порции топлива поступающего в цилиндр двигателя за период индукции. Это можно скорректировать путем оптимизации угла опережения впрыска топлива.



ПРИМЕНЕНИЕ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА В ДИЗЕЛЯХ

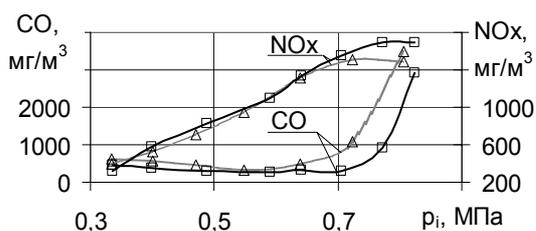


Рис. 12

Влияние усилия предварительной затяжки пружины форсунки

Данный параметр определяет давление начала впрыска топлива в цилиндр двигателя. Для данного типа двигателя номинальным является давление 17,5 МПа. В ходе испытаний путем изменения настройки форсунки давление меняли в диапазоне от 15 до 22,5 МПа, т.е. вниз и вверх от номинального значения.

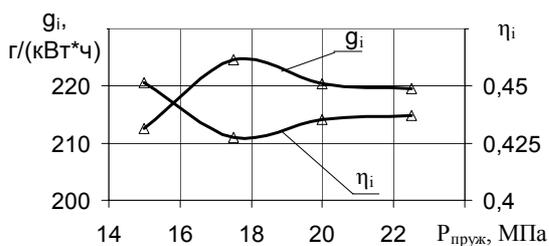


Рис. 13

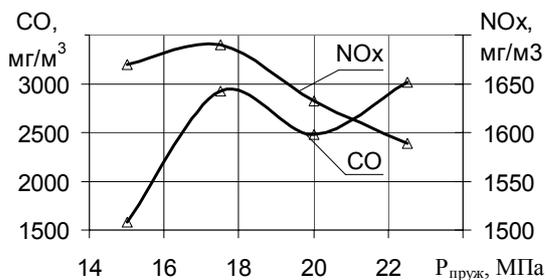


Рис. 14

Из анализа представленных на рис. 13 и 14 графиков видно следующее:

- экономичность двигателя практически не изменяется с увеличением давления начала впрыска относительно номинального, 17,5 МПа, но резко ухудшается с его уменьшением;
- содержание оксидов азота в отработавших газах уменьшается с увеличением давления до 22,5 МПа на 7%, что объясняется уменьшением периода индукции самовоспламенения.

Следовательно не целесообразно понижать давление начала впрыска ниже чем 17 МПа, т.к. это приводит к существенном ухудшению экономичности. С другой стороны, повышение давления хотя и ведет к небольшому улучшению экономичности и снижению токсичности, но не является целесообразным по причине роста нагрузки на детали ТНВД.

Влияние эффективного проходного сечения сопловых отверстий распылителя на показатели работы двигателя

Для выполнения задачи сопоставлялись нагрузочные характеристики снятые с распылителями, имеющими различные эффективные проходные сечения сопловых отверстий.

Результаты испытания представлены на рис. 15 и 16, где обозначено:

- распылитель с меньшим эффективным проходным сечением;
- распылитель с большим эффективным проходным сечением.

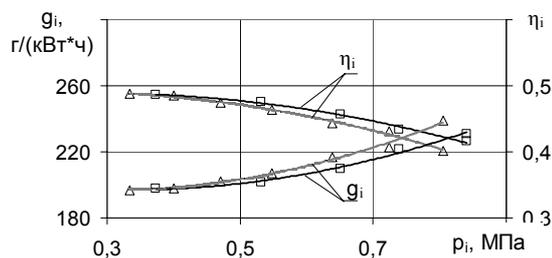


Рис. 15

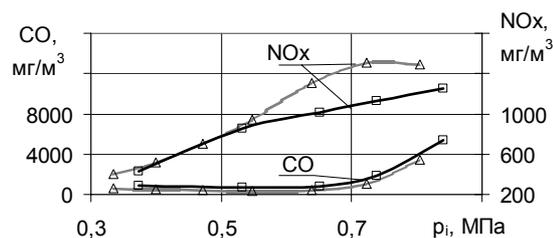


Рис. 16

На средних и ниже средних нагрузка на распылители с различными эффективными проходными сечениями давали одинаковые показатели экономичности и токсичности. По мере увеличения нагрузки выше средней распылители с большим эффективным сечением обеспечивали лучшие показатели экономичности и токсичности дизеля. Следовательно, при использовании в качес-

тве топлива для дизелей рапсового масла целесообразно использовать распылители с большим эффективным проходным сечением.

Влияние угла опережения впрыска топлива (УОВТ) на показатели цикла

Двигатель УК-2 оборудован устройством, позволяющим легко изменять установочный угол опережения впрыска топлива прямо во время работы.

На рис. 17 и 18 представлены графики зависимости показателей двигателя от угла опережения впрыска топлива. Значение угла отложенного по оси абсцисс является статичным, т.е. определенным в статике по мениску.

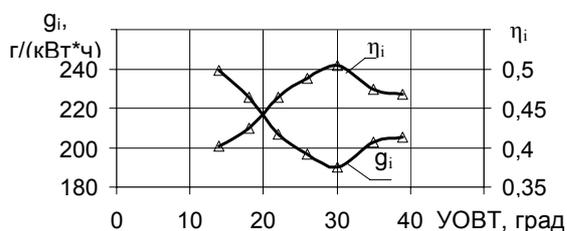


Рис. 17

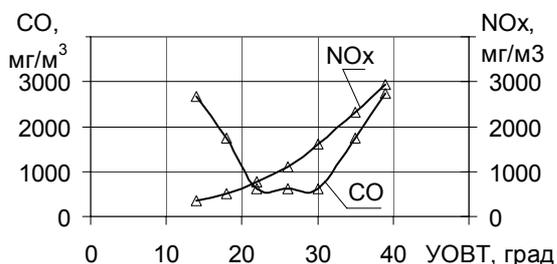


Рис. 18

Из рассмотрения представленных графиков видно, что значение оптимального угла находится в достаточно узком диапазоне. Если говорить о показателях экономичности то оптимальным является угол порядка 30 градусов до верхней мертвой точки.

Содержание CO в отработавших газах является минимальным в диапазоне от 22 до 30 градусов. Концентрация оксидов азота увеличивается во всем диапазоне увеличения УОВТ. Следовательно оптимальным углом можно считать угол порядка 27-30 градусов до ВМТ.

Выводы

По предварительным результатам первого этапа исследования можно сказать сле-

дующее: при переходе на альтернативное топливо показатели экономичности несколько ухудшаются. Здесь следует учитывать то, что испытания проводились без оптимизации работы двигателя под альтернативное топливо, т.е. процессы впрыска, смесеобразования и сгорания проходили в двигателе, предназначенном для использования стандартного дизтоплива. По показателям токсичности видно следующее: при переходе на метиловый эфир рапсового масла наблюдается уменьшение концентрации CO в отработавших газах, концентрация NOx существенно не меняет. При использовании рапсового масла в качестве топлива наблюдается увеличение концентрации CO, что связано с ухудшением процесса смесеобразования ввиду высокой вязкости топлива, концентрация NOx либо остается прежней, либо незначительно уменьшается на отдельных режимах. Из этого видно, что для достижения высоких экономических и экологических параметров двигателя необходимо проведение соответствующих конструктивных мероприятий, направленных на оптимизацию рабочего процесса дизеля при его работе на представленных топливах. Потенциально же топливо на основе рапсового масла обладает более высокими экологическими характеристиками.

По второму этапу исследований можно сказать следующее: при переводе дизельного двигателя на чистое рапсовое масло необходимо предусмотреть конструктивные мероприятия, позволяющие получить высокие мощностные, экономические и экологические характеристики двигателя. А именно: оптимизировать угол опережения впрыска топлива (для данного типа двигателя оптимальным можно считать угол порядка 27-30 градусов до ВМТ, при установке в статике). Оптимизировать давление начала впрыска топлива. В ходе исследования для данного типа двигателя установлено оптимальное значение давления начала впрыска топлива составляет 17 – 20 МПа и определяется конструкцией ТНВД; не целесообразно понижать давление начала впрыска ниже чем 17 МПа, т.к. это приводит к существенному ухудшению экономичности. Целесообразно использовать распылители с большим эффективным проходным сечением. Необходимо организовать подогрев рапсового масла с целью снижения вязкости, при этом оптимальное значение температуры рапсового масла на входе в топливный насос высокого давления составляет 45 °С. Оправдано применение специальных

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА В ДИЗЕЛЯХ

распылителей производства ОАО «Алтайский завод прецизионных изделий», позволяющих учитывать особенности физико-химических характеристик рапсового масла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков В.А., Козлов С.И. Топлива и топливоподача многотопливных и газодизельных двигателей. – М.: Изд-во МГТУ, 2000. – 296 с.
2. Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: МАДИИ(ТУ), 2000.
3. Евич П., Шедива З. Технология и эффективность метилэфирного производства рапсовых масляных кислот на сельскохозяйственных предприятиях. – Прага: ВУЗТ, 1994.
4. Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н., Абелян А.М. Экспериментальные исследования дизеля ЯМЗ-238 при его работе на смесевых топливах // Вестник РУДН, сер. Инженерные исследования. – 2003. – № 1. – С. 9–10.
5. Токсичность отработавших газов двигателя при использовании топлив растительного происхождения / А.П. Марченко, А.Ф. Минак, И.А. Слабун и др. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2002. – № 1. – С. 22–25.
6. Результаты исследования рабочего процесса и токсичности дизеля, работающего на топливах растительного происхождения / А.П. Марченко, А.Ф. Минак, И.А. Слабун и др. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2003. – №. – 1-2. – С. 33–40.
7. Сравнительная оценка эффективности применения растительных топлив в дизельном двигателе / А.П. Марченко, А.Ф. Минак, И.А. Слабун и др. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2004. – № 1. – С. 46–51.
8. Терентьев Г.А, Тюков В.М., Смаль Ф.В. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов. – М.: Химия, 1989. – 272 с.
9. Сборник трудов всероссийской научно-практической конференции «Переработка рапса на биологическое топливо».
10. Шкаликов В.П., Патрахальцев Н.Н. Применение нетрадиционных топлив в дизелях: Монография. - М.: Изд-во УДН, 1986. – 56 с.
11. Chakrabarty M.M. // Fuel Sci. and Technol. 1985. – V. 4. – N 1. – P. 3-7.
12. He Y., Bao Y. D. Study on rapeseed oil as alternative fuel for a single-cylinder diesel engine // Renewable Energy. – №28. – 2003. – P. 1447–1453.
13. Winkler H. Raps – der nachwachsende Enerietrager // CLB: Chem. Lab. Und Biotechn. – 1992. – № 7. – S. 378 – 380.