

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТОПЛИВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Е.Э. Ветошкин, С.П. Кулманаков

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Изложены основные направления применения топлив растительного происхождения в качестве альтернативного топлива для двигателей внутреннего сгорания. Приведены физико-химические свойства топлива, а также результаты моторных испытаний. Показано влияние давления впрыскивания топлива на выбросы вредных веществ с отработавшими газами и экономичность двигателя.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, топлива растительного происхождения, рапсовое масло.

INFLUENCE OF FUEL INJECTION PRESSURE ON INDICATORS OF DIESEL ENGINE WORK USING PLANT FUELS

E. Vetoshkin, S. Kulmanakov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The main directions of the use of vegetable fuels as an alternative fuel for internal combustion engines are outlined. The physical and chemical properties of the fuel as well as the results of the motor tests are given. Influence of fuel injection pressure on emissions of harmful substances with exhaust gases and efficiency of the engine is shown.

Keywords: alternative energy sources, plant fuels, rapeseed oil.

Введение

С созданием двигателя внутреннего сгорания началась всеобщая моторизация, появились железнодорожный, водный, авиационный и автомобильный транспорт. В настоящее время создается и используется огромное количество механизмов и машин, использующих ДВС. В результате – постоянно растущие объемы добычи и переработки нефти – ископаемого сырья, которое отличается простотой переработки в ГСМ и сравнительно низкой стоимостью транспортировки до энергопотребителей.

Транспортно-технологический комплекс сегодня потребляет более 30 % всех энергетических ресурсов, при этом около 90 % общего их потребления всеми видами транспорта падает на нефть. А ограниченность запасов нефти, неравномерность их географического размещения, постоянно растущие объемы добычи и сложность разработки новых месторождений обуславливают необходимость диверсификации потребления топлива [1, с. 10]. Снижение потребления нефтя-

ного сырья может достигаться различными путями, среди которых поиск и использование альтернативных источников энергии.

Россия в энергетическом плане самодостаточна и, вероятно, она будет последней страной в мире, которая столкнется с энергетическим кризисом, но если Россия не будет развивать энергосберегающие технологии и поиск новых источников энергии, то в перспективе, пусть и далекой, она может стать узницей такой политики.

Таким образом, одной из актуальных проблем современности является поиск альтернативных источников энергии для двигателей внутреннего сгорания, способных на начальном этапе частично, а впоследствии и полностью заменить традиционные нефтяные топлива для транспортно-технологического комплекса, также способствующих повышению экономических и экологических показателей эксплуатации. К числу таких топлив в настоящее время относят газомоторные топлива (природный и нефтяной газы), спирты (метилловый, этиловый,

изобутиловый и др.), синтетические жидкие топлива (получаемые из угля и газа), водород (а также топливные элементы, работающие на водороде) и топлива растительного происхождения (биодизель, биоэтанол, растительные масла, а также эфиры этих масел).

Целью данной работы является оценка использования растительных масел в качестве топлива для дизеля, оснащенного топливной системой аккумуляторного типа CommonRail (CR) при высоких давлениях впрыскивания. Для климатических условий России наиболее актуально рассматривать рапс.

Условно, топлива на основе рапса можно классифицировать следующим образом [2, с. 39]:

- биодизель (этиловые и метиловые эфиры жирных кислот рапсового масла);
- смеси рапсового масла с дизельным топливом;
- оснащение дизелей комплектом для работы на рапсовом масле (РМ);
- использование камер сгорания, адаптированных для сгорания РМ.

По некоторым из указанных направлений проведены исследования в лаборатории кафедры ДВС Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова на экспериментальной установке, оснащенной двигателем 1С 13/14. Для улучшения показателей рабочего процесса были использованы распылители форсунок с большим диаметром сопел, разработанные на Алтайском заводе прецизионных изделий [3, с. 55].

Анализ характеристик топлива

Основные физико-химические характеристики рапсового масла в сравнении с нефтяным дизельным топливом представлены в таблице 1.

Предварительный анализ физико-химических характеристик показывает, что рапсовое масло (РМ) стоит довольно близко к дизельному топливу (ДТ), но имеет ряд особенностей. Возможность применения в дизельном двигателе характеризуется цетановым числом топлива. Этот показатель определяет возможность топлива самовоспламениться в камере сгорания дизеля. У рапсового масла этот значение цетанового числа едва достигает 40 единиц, у дизельного топлива – 45 единиц. Соответственно, воспламеняемость масла хуже, по сравнению с дизельным топливом. К тому же рапсовое масло имеет повышенную температуру кипения, вследствие чего при низкой нагрузке дизеля

температура поршня снижается. Рапсовое топливо осевшее на охладившемся поршне хуже испаряется и воспламеняется, может наблюдаться ухудшение смесеобразования и увеличение дымности отработавших газов. Это также является следствием повышенной плотности рапсового масла.

Таблица 1 – Физико-химические свойства топлив

Показатели	Дизельное топливо (летнее – ГОСТ 305-82)	Рапсовое масло
Цетановое число	45	40
Кинематическая вязкость: при 20 °С, мм /с при 60 °С, мм /с при 100 °С, мм /с	4,58 - -	76 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 выше	40	более 100
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	42,5	37
Теплота сгорания стехиометрической смеси, МДж/кг	2,96	2,98

Рапсовое масло отличается большим значением кинематической вязкости по сравнению с дизельным топливом. Это приводит к увеличению капель топлива, дальности и ухудшает смесеобразование, что впоследствии может повлиять на увеличение расхода топлива и дымности отработавших газов. Вязкость в большой мере зависит от температуры и давления, что особенно важно для современных высокооборотных дизелей. Высокая вязкость создает проблемы при пуске для топливной аппаратуры, особенно в холодное время года [4, с.55].

Низшая теплота сгорания характеризует энергоемкость топлива. Для РМ она равна 37000 кДж/кг, для ДТ – 42500 кДж/кг. При использовании топлива растительного происхождения (ТРП) при максимальной подаче

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТОПЛИВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

топлива по сравнению с дизельным топливом, мощность двигателя падает. Это объясняется тем, что при одинаковом объеме впрыснутого топлива в случае использования ТРП его энергоемкость меньше. Однако, на частичных режимах работы двигателя такой проблемы не возникает, так как регулятор автоматически увеличивает подачу топлива для достижения необходимой мощности двигателя. Поэтому для достижения требуемой мощности при работе на РМ на номинальном режиме необходимо обеспечить увеличение подачи топлива. Но не всегда использование топлива с более высокой теплотой сгорания приводит к улучшению экономических показателей двигателя. Это возможно в случае обеспечения оптимальных условий смесеобразования и сгорания [4, с. 59].

Использование рапсового масла возможно в существующих конструкциях дизелей при проведении ряда мероприятий по интенсификации смесеобразования и воспламенения. Среди таких мероприятий могут быть подогрев масла для облегчения его доставки к форсункам, применение распылителей с увеличенным диаметром сопел, а также использование специальных камер сгорания для сжигания топлив повышенной вязкости. Основным принципом создания камер сгорания для работы на маслах является интенсификация перемешивания топливной смеси при высокой температуре. А для уменьшения закоксовываемости отверстий распылителя сокращают количество сопел распылителя и увеличивают их диаметр.

Результаты моторных испытаний топлива

Экспериментальное исследование показателей работы дизеля на рапсовом масле проводилось на установке, оснащенной одноцилиндровым двигателем с наддувом 1ЧН 13/14. На двигатель взамен классической топливной аппаратуры непосредственного действия установлена аккумуляторная система CommonRail (CR) с возможностью изменения давления впрыскивания топлива до 1800 атм. На рисунке 1 представлена регулировочная характеристики дизеля по давлению в топливной рампе. Установочный угол опережения впрыска топлива $\text{УОВТ}=16^\circ$ п.к.в. Степень сжатия $\varepsilon=15$. Эффективное проходное сечение сопел распылителя $\mu_f=0,223$.

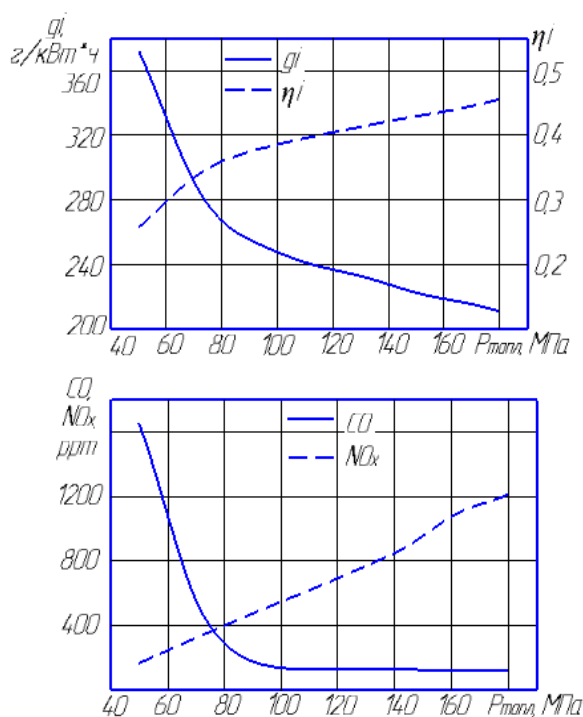


Рисунок 1 – Регулировочная характеристика по давлению топлива в рампе: $\mu_f=0,223$; $\text{УОВТ}=16^\circ$ п.к.в.

На графиках представлены зависимости удельного индикаторного расхода топлива и количества вредных веществ в отработавших газах двигателя от давления топлива. Можно отметить улучшение экономичности двигателя и повышение индикаторного КПД при повышении давления впрыска. Это обеспечивается улучшением процесса смесеобразования, более мелким распылом частиц топлива и, как следствие, интенсификацией процесса сгорания. Но из-за этого наблюдается рост выбросов оксидов азота NO_x , так как повышается температура газов в процессе сгорания. Зато доля продуктов неполного сгорания топлива CO снижается в восемь раз с 1600 ppm при давлении впрыскивания 50 МПа, до 170-180 ppm при 180 МПа.

Во второй серии испытаний распылители были заменены. Они имели большее проходное сечение сопел. На рисунке 2 представлена регулировочная характеристика дизеля по давлению в рампе при $\text{УОВТ}=19^\circ$ п.к.в. Эффективное проходное сечение сопел распылителя $\mu_f=0,25$.

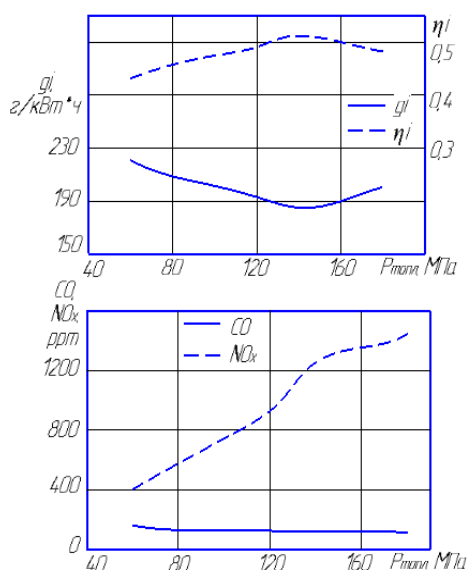


Рисунок 2 – Регулировочная характеристика по давлению топлива в рампе. $\mu_f=0,25$; УОВТ=19⁰ п.к.в.

Анализ графиков данных графиков показывает, что при увеличении эффективного проходного сечения сопел распылителя μ_f наблюдается улучшение экономических характеристик двигателя. Индикаторный КПД достигает значения $\eta_i=0,53$, в то время как при использовании распылителя с меньшим проходным сечением он достигает 0,45. Удельный индикаторный расход топлива также достиг минимума $g_i=185-190$ г/кВт*ч, а для первого распылителя эта величина составила 210 г/кВт*ч. Такая динамика экономических показателей свидетельствует о том, что при переводе дизеля на рапсовое масло увеличенный диаметр сопел распылителя положительно влияет на рабочий процесс двигателя. Кроме того, наряду с заменой распылителя был установлен более ранний угол опережения впрыскивания топлива, что также влияет на протекание рабочего процесса. Увеличивается максимальная температура внутри цилиндра, вследствие чего отмечен рост выбросов оксидов азота NO_x . Кроме того, количество продуктов неполного сгорания CO в отработавших газах при больших давлениях впрыскивания уменьшилось незначительно. Наибольшая разница в показаниях наблюдается при давлениях в рампе ниже 80 МПа. При низких давлениях впрыска также наблюдалось дымление, образование сажи в отработавших газах дизеля вследствие ухудшения смесеобразования.

Сравнивая показатели двигателя, отмечено повышение индикаторного расхода топ-

лива при переходе с дизельного топлива на рапсовое масло. Это объясняется более низким энергетическим содержанием топлива растительного происхождения – низшей теплотой сгорания, и для обеспечения заданной мощности необходимо расходовать больше топлива.

Выводы

Проведенные исследования по влиянию давления впрыскивания топлива на показатели работы двигателя при использовании рапсового масла показали, что при использовании топливной системы аккумуляторного типа CommonRail происходит интенсификация процесса смесеобразования, улучшаются экономические параметры ДВС, также наблюдается снижение продуктов неполного сгорания топлива. При этом достижение выгоднейших характеристик обеспечивается при высоких давлениях впрыскивания топлива.

Отмечено положительное влияние от установки распылителей с большим эффективным проходным сечением сопел на рабочий процесс дизеля при использовании рапсового масла. Был уменьшен удельный индикаторный расход топлива, а также снижено количество выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизеля.

Список литературы

1. Патрахальцев, Н.Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив/ Н.Н. Патрахальцев / М.: РУДН, 2008. – 248 с.: ил.
2. Васильев, И.П. Перспективы использования топлив растительного происхождения в Украине / И.П. Васильев // Ползуновский вестник. - №4.- 2006.- с. 39-42.
3. Кулманаков, С.П. Особенности рабочего процесса дизельного двигателя при использовании смесей рапсового масла и дизельного топлива / С.П. Кулманаков, Р.С. Семенов // Ползуновский вестник.- №4.- 2007.- с. 55-58.
4. Васильев, И.П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля: монография / И.П. Васильев. – Луганск: изд-во ВЛУ им. В. Даля, 2009. – 240 с.

Кулманаков Сергей Павлович,
к.т.н., доцент кафедры ДВС, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: spk_ice@mail.ru;

Ветошкин Евгений Эдуардович,
аспирант кафедры ДВС, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: evgen727@inbox.ru.