ISSN 1733-8670

ZESZYTY NAUKOWE NR 10(82)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE

IV MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA
EXPLO-SHIP 2006

Олег Клюс

Термохимическая подготовка топлива в системах топливоподачи дизелей

Ключевые слова: дизель, топливная форсунка, термическая обработка топлива, химическая обработка топлива

В статье рассмотрены вопросы предварительной термической и каталитической обработки топлива в форсунке перед его непосредственным распыливанием в камере сгорания дизельного двигателя.

Thermal-Chemical Treatment of Fuel in Fuel Injection Systems of Diesel Engines

Kay words: diesel engine, fuel injector, thermal treatment of fuel, chemical treatment of fuel

The paper focuses on problems of fuel treatment using thermal and chemical methods in the body of fuel injector.

Введение

Проблемы, связанные с конструированием, производством и эксплуатацией двигателей внутреннего сгорания, сводятся в первую очередь к повышению их топливной экономичности и снижению токсичности отработавших газов. В основном, опытно-конструкторские и научно-исследовательские работы направлены на:

- улучшение способов организации рабочего процесса – выбора конструкции камеры сгорания и параметров топливной струи;
- редукцию уровня эмиссии вредных компонентов в выхлопных системах двигателя.

В литературе предмета исследований, в последнее время появились ряд публикаций, в которых авторы рассматривают проблемы повышения экономичности и снижения токсичности двигателей в более широком объеме. Это касается не только процессов происходящих в камере сгорания и выхлопном тракте, но и в системах впуска и топливоподачи, представляя комплексную задачу в виде: подготовки (или обработки) материалов (воздух-топливо) перед сгоранием – сгорание – редукция вредных веществ в продуктах сгорания. Целью исследований, проводимых в рамках гранта 4T12D06029, было определение влияния процесса предварительной термической и химической подготовки топлива на экономические и экологические характеристики дизелей.

1. Конверсия топлива

Полнота сгорания моторного топлива, в результате которой топливная экономичность дизелей улучшается, может быть получена благодаря применению соответствующих присадок. Такое же действие наблюдается и при добавке водорода, что можно объяснить существенным влиянием скорости распространения пламени у водорода, которая в несколько раз больше, чем у углеводородного топлива. Частицы водорода в топливо-воздушной смеси в камере сгорания инициируют ее горение во всем объеме, вовлекая, тем самым, в процесс горения все распыленное топливо. Однако, наличие источника водорода непосредственно на транспортной машине, представляет существенные трудности, связанные с его хранением или получением. В то же время, источником инициирующих горение топлива добавок, могла бы стать термохимическая переработка части углеводородного топлива, подаваемого в дизель из специального реактора [4]. При подаче в камеру сгорания реактора воздуха и топлива возможно

полное окисление топлива, в результате которого образуется углекислый газ CO_2 и пары воды H_2O с выделением теплоты, необходимой для дальнейших термохимических превращений. В продукты сгорания, содержащие продукты полного окисления топлива и инертные составляющие воздуха, в зону высоких температур возможна подача топлива, которое, вступая в химические реакции с продуктами сгорания, образовывало смесь продуктов сгорания и конвертированнго топлива, в составе которого имеется водород H_2, окись углерода CO и метан CH_4. Такую смесь можно непосредственно подавать во впускной коллектор дизеля. В этой связи следует оценить эффективность различных путей получения необходимых продуктов конверсии.

Так как дизельное топливо по своему составу представляет смесь различных химических соединений углерода с водородом, то точное описание протекания реакций представляет существенные затруднения. Поэтому ограничимся приближенным рассмотрением химических процессов. Предварительную термохимическую переработку топлива можно осуществить при его неполном окислении воздухом (O_2+3,76 N_2). Экзотермическая химическая реакция для получения CO и H_2 имеет вид:

$$CH_{1,73} + 0,5(O_2 + 3,76N_2) \rightarrow CO + 0,865H_2 + 1,88N_2 \qquad (1)$$

откуда следует, что на получение 1 г H_2 необходимо расходовать 8 г дизельного топлива.

Такие же конечные продукты могут быть получены при конверсии топлива в отработавших газах, где происходят эндотермические реакции между углеводородами и углекислым газом и парами воды [4].

Состав отработавших газов, в случае полного окисления топлива в стехиометрическом соотношении с воздухом, определяется по формуле:

$$CH_{1,73} + 1,432(O_2 + 3,76N_2) \rightarrow CO_2 + 0,865H_2O + 5,386N_2 \qquad (2)$$

В результате реакции топлива с CO_2 и H_2O, содержащимися в выхлопных газах получим:

$$1,865CH_{1,73} + CO_2 + 0,865H_2O \rightarrow 2,865CO + 2,478H_2 \qquad (3)$$

И в соответствии с реакцией (3) на получение 1 г H_2 необходимо 5,2 г дизельного топлива.

Таким образом, термохимическая переработка топлива в продуктах сгорания требует меньшего, по сравнению с реакцией (1), количества исходного углеводородного сырья для получения такого же количества

водорода. Кроме того, проведение реакции (3) более выгодно, чем реакции (1), так как для ее осуществления может частично использоваться теплота, теряемое дизелем с отработавшими газами. Однако следует иметь в виду, что в реальных условиях организации конверсии топлива будут одновременно протекать оба процесса, а масса израсходованного углеводородного сырья для получения необходимого количества продуктов конверсии будет определяться полнотой осуществления реакций в созданных условиях.

2. Термическая обработка топлива

Впрыскивание подогретого топлива не является новым способом повышения операционных показателей дизеля. Исследования этого метода проводилось в различных лабораториях Польши и России, а полученные результаты свидетельствуют о возможности некоторого улучшения топливной экономичности дизелей. Следует отметить, что во всех ранее проводимых испытаниях, подогрев топлива осуществлялся либо перед топливным насосом высокого давления, либо перед форсунками. Такой способ, хотя и дает возможность улучшения распыливания топлива за счет уменьшения вязкости и поверхностного натяжения капли, имеет и ряд существенных недостатков, к которым относятся изменение закона топливоподачи, колебания остаточного давления в топливопроводах, повышенные утечки топлива в прецизионных парах и др. Именно поэтому однозначного ответа об улучшении показателей дизелей при термической подготовке топлива дать невозможно.

В лаборатории Эксплуатации судовых энергетических установок Щецинской морской академии предложен способ термической обработки (подготовки) топлива непосредственно в корпусе распылителя [2]. При этом в нижней части корпуса распылителя предусмотрен кольцевой канал, к которому топливо подается по существующим отверстиям корпуса, а специальным дополнительным каналом топливо направляется в подигольчатую полость и далее к сопловым отверстиям. При таком способе, топливо отбирает тепловую энергию от наиболее нагретых элементов корпуса распылителя, контактирующих с горячими газами в камере сгорания, и распыливается уже в измененном термодинамическом состоянии. Кроме того, что такой способ позволяет снизить термические напряжения в распылителе, появляется возможность устранить все недостатки, связанные с подогревом топлива перед форсункой. Расчеты показывают, что подогрев топлива в такой схеме зависит от скоростных и нагрузочных режимов работы двигателя и может достигать повышения температуры топлива до 80°C.

3. Каталитическая обработка топлива

Как известно, получение наилучших, с точки зрения технических параметров работы двигателей внутреннего сгорания, возможно при увеличении скорости предварительных химических реакций в топливе в прцессе задержки воспламенения [1]. В дизелях эти реакции имеют характер дегидрогенизации в виде:

$$C_nH_{2n+2} = C_nH_{2n} + H_2$$

которые происходят между топливом и материалом, обладающим каталитическими свойствами (чаще всего это металлы платиновой группы). Такие материалы могут быть введены непосредственно в топливо, либо использоваться в виде дополнительного устройства – катализатора в топливной системе двигателя. Необходимо подчеркнуть, что эти реакции ускоряются в условиях повышенных температур. То есть новый положительный эффект может быть получен при совместном использовании термической и каталитической обработки топлива. Остается добавить, что и термическое воздействие на топливо (так как это было представлено в предыдущим параграфе), и каталитическое, можно реализовать непосредственно в топливоподающих каналах распылителя, на поверхность которых наносится слой катализатора. Одним из способов нанесения тонких покрытий на детали двигателей внутреннего сгорания является ионная имплантация, в результате чего на поверхности обрабатываемых деталей образуется слой каталитически активных металлов. Для эффективного каталитического воздействия на продукты сгорания теоретически необходим верхний слой каталитического компонента толщиной в один атом [3], поскольку катализатор внутри слоев не доступен для взаимодействия. Одним из направлений уменьшения расхода дорогостоящего каталитического компонента, без снижения его эффективности, является равномерное распределение компонента на поверхности носителя. Расположение катализатора должно быть обусловлено макисмальной степенью его эффективности – в первую очередь в местах повышенных температур. К ним следует отнести носовую часть распылителя, контактирующую с горячими газами камеры сгорания. В носке классического штифтового распылителя располагается топливная камера, одной из сторон которой является дифференциальная поверхность иглы, а также входы топливоподающих каналов. Именно эти поверхности целесообразнее всего использовать для нанесения на их поверхности слоя каталитического материала. С точки зрения организации рабочего процесса, топливо должно подаваться в камеру сгорания дизеля в определенном

термодинамическом состоянии, позволяющем получить соответствующую длину мелкодосперсной струи, направленную в определенное место камеры сгорания. С этой целью, как было показано ранее, целесообразно подогревать топливо непосредственно перед его распыливанием, то есть в форсунке, поскольку подогрев топлива перед топливным насосом или в трубопроводах высокого давления перед форсункой могут существенно изменить закон топливоподачи и величину остаточного давления в топливопроводе.

Выводы

Повышение топливной экономичности и снижение уровня эмиссии токсических веществ в отработавших газах дизелей возможно при условии использования предварительной термохимической обработки впрыскиваемого топлива. Причем, если условия конверсии топлива определяют введение в систему топливоподачи дополнительных устройств, совместная термическая и каталитическая подготовка топлива не предусматривают каких либо существенных изменений системы, несколько видоизменяется только носовая часть распылителя, в дополнительные каналы которого вводится каталитический материал – либо в виде тонкой пленки распыленного катализатора, либо в виде наполнителя, заполняющего эти каналы и на поверхности которого должен быть нанесен каталитический материал. То есть при такой организации процесса топливоподачи возникает тройной эффект:

- предварительная обработка топлива при контакте с катализатором;
- предварительная подготовка топлива за счет его подогрева;
- увеличение воздействия катализатора при повышенных температурах.

Кроме того, следует отметить положительное влияние использования такой системы подготовки топлива и для снижения уровня термической напряженночти элементов топливной форсунки, поскольку эта система обладает и свойствами охладителя.

Литература

1. Klyus O., *Wstępna obróbka paliwa we wtryskiwaczu silnika z zapłonem samoczynny*, III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Pojazd a Środowisko”, Radom 2001.
2. Klyus O., *Wtryskiwacz paliwa*, P-387945, 2002.

3. Клюс О., *Методы нанесения каталитических покрытий на элементы топливной аппаратуры дизелей*, Problems of Mechanics, International scientific jornal, № 4 (21)/2005, pp. 49 – 54.
4. Передрий В., Носков Н., Петренко Л., *Эффективность использования предварительной термохимической подготовки топлива в системах питания дизелей*, Двигателестроение, С-Петербург, №6, 1990, с. 31 – 32.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2006 r.

Recenzent

prof. dr hab. inż. Jerzy Girtler

Adres Autora

dr hab. inż. Oleh Klyus, prof. AM
Akademia Morska w Szczecinie
Instytut Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych
70-500 Szczecin, ul. Wały Chrobrego 1-2