

EFFECT OF METHANOL USE IN DIESEL ENGINE ON THE CONTENT OF NITROGEN OXIDES IN EXHAUST GASES

V.A. Likhanov, A.A. Anfilatov, N.S. Anfilatova

*Vyatka State Agricultural Academy
610017, Kirov, Russian Federation*

Abstract. When carrying out research to improve the environmental performance of diesel engines, attention should be paid to reducing the nitrogen oxide content of the effluent gases, since they are the most toxic components among the entire range of polluting chemical compounds contained in exhaust gases, since they are formed in the combustion process as a result of chemical reactions atmospheric oxygen and nitrogen.

The most effective way of using methanol in internal combustion engines is now to feed it directly to the diesel cylinder using a dual fuel supply system, which allows replacing up to 80% of the fuel oil. The ignition of methanol in this case is due to the supply of a seed portion of diesel fuel. This method, with some changes and additions to the design of the diesel engine, can be implemented on engines already in operation.

In this paper, the effect of methanol application on the volumetric content and mass concentration of nitrogen oxides in exhaust gases calculated on the basis of the results of experimental studies of a diesel engine of 2Ч 10,5/12,0 air cooling with a hemispherical combustion chamber in a piston using a dual fuel delivery system and injection of diesel fuel (ignition) through a multi-jet nozzle, depending on the change in load.

Key words: diesel, methanol, nitrogen oxides, volumetric content of nitrogen oxides, mass concentration of nitrogen oxides, double fuel delivery system.

References

1. Anfilatova N.S. The use of ethanol as a motor fuel for diesel engines using a dual fuel supply system / N.S. Anfilatova // Improving the performance of internal combustion engines. Materials of the 10th International Scientific and Practical Conference "Science - Technology - Resource Saving": Collection of scientific papers. - Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2017.-Vol. 14. - Pp. 254-259.
2. Anfilatov A.A. Calculation of the influence of the physical properties of fuels on the characteristics of injection and spraying / A.A. Anfilatov, N.S. Anfilatova // Improving the performance of internal combustion engines Materials of the 10th International Scientific and Practical Conference "Science - Technology - Resource Saving": Proceedings. - Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2017.- Vol. 14. - Pp. 272-277.
3. Likhanov V.A. Change in the formation of nitrogen oxides in a diesel cylinder when working on methanol // V.A. Likhanov, A.A. Anfilatov // Tractors and agricultural machinery. 2015. № 4. Pp. 3-5.
4. Likhanov V.A. Features of the combustion process parameters and diesel heat dissipation characteristics of 2Ч 10,5 / 12,0 when working with methanol with DST depending on load changes /V.A. Likhanov, A.N. Chuvashov, A.A. Glukhov, A.A. Anfilatov// Improving the operational performance of mobile power. 2007. Pp. 250-256.

Information about authors

1. **Likhanov Vitaly Anatolyevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirovskaya region, Kirov, 133, Oktyabrsky prospect, e-mail: lihanov.va@mail.ru, tel. 8(8332)57-43-07;
2. **Anfilatov Anton Anatolievich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, head of the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirovskaya region, Kirov, 133, Oktyabrsky prospect, e-mail: anfilatov001@mail.ru, tel. 8(8332)57-43-27;
3. **Anfilatova Nadezhda Sergeevna**, Graduate Student at the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirovskaya region, Kirov, 133, Oktyabrsky prospect, e-mail: wtk.kalina@bk.ru, тел. 8(8332)37-57-28.

УДК 621.436

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАНОЛА НА ДЫМНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ БЫСТРОХОДНОГО ДИЗЕЛЯ С ПОЛУСФЕРИЧЕСКОЙ КАМЕРОЙ СГОРАНИЯ

В.А. Лиханов, А.В. Россохин

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия
610017, Киров, Российская Федерация*

Аннотация. Одной из причин, сдерживающих активное применение дизелей, является повышенное содержание в отработавших газах сажевых частиц, которые, в свою очередь, определяют дымность отработавших газов, в сравнении с бензиновыми ДВС. Поэтому необходимо любым способом снизить дымность отработавших газов. Другой проблемой, связанной с использованием дизелей, является высокая стоимость дизельного топлива, из-за чего возрастают затраты на эксплуатацию транспортных средств, оснащенных дизелями.

Одним из путей решения указанных проблем является применение альтернативных видов топлива. Например, метилового спирта (метанола). Его использование в качестве топлива позволит снизить как потребность в традиционном дизельном топливе, так и содержание сажи в отработавших газах.

Для исследования процессов образования и выгорания сажи в цилиндре дизеля необходимо рассмотреть как образование, так и окисление сажевых частиц. Это многоступенчатый процесс, связанный с большим количеством образующихся промежуточных соединений, которые в условиях цилиндра дизеля вступают во взаимодействие друг с другом, образуя новые соединения разной степени стабильности со склонностью к образованию «зародышей» сажевых частиц.

Метанол в силу своего химического строения менее склонен к образованию сложных соединений по сравнению с нефтяным дизельным топливом, которое образует «зародыши», позднее превращающиеся в сажевые частицы.

При создании благоприятных условий для окисления сажевых частиц (а для этого нужна высокая температура и наличие кислорода) происходит выгорание сажевых частиц сопровождающееся образованием углекислого газа и воды.

Ключевые слова: дизель, метанол, сажа, дымность отработавших газов, углерод.

Введение. Образование и выгорание сажи в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 с полусферической КС в поршне при работе на метаноле с ДСТ и впрыскивании ДТ (запального) через многоструйную форсунку представлены на рис. 1.

Исходя из существующих теорий образования и выгорания сажи [1 – 4], можно предположить, что основным механизмом, влияющим на образование сажевых частиц в цилиндре дизеля при работе на метаноле, является низкотемпературный фенильный механизм (НТФМ).

Этого предположения подтверждают следующие аргументами:

1. Максимальная локальная температура пламени в цилиндре дизеля при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи несколько выше определяющей температуры низкотемпературного фенильного механизма (< 1700 К) и равна 1900 К.
2. Процесс сажеобразования ограничен температурным интервалом $1000 - 2000$ К, а температуры в цилиндре дизеля при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи незначительно превышают 2000 К.
3. Метанол в цилиндре дизеля распыляется с образованием капельного тумана, который является одним из этапов образования сажи при НТФМ.

Отличительной особенностью процессов смесеобразования и сажеобразования в цилиндре двигателя при работе с ДСТ является взаимодействие двух факелов распыленного топлива (ДТ и метанола). При этом необходимо иметь в виду, что метанол обладает очень высокой теплотой парообразования. Указанная особенность метанола позволяет сделать предположение, что когда факел ДТ взаимодействует с факелом метанола, имеющим температуру гораздо более низкую, чем температура окружающего его рабочего тела, то в его объеме происходит «термическое замораживание» всех химических реакций, в том числе и реакций образования и окисления сажевых частиц. Поэтому применительно к дизелю, тем более работающему на метаноле с ДСТ, вполне обоснованно можно утверждать, что существуют микро- и макрозоны, сильно отличающиеся как по температурному режиму, так и по концентрации топлива и окислителя от ДТ. Соответственно, процессы образования и выгорания сажевых частиц имеют явно выраженный локальный характер, и результирующее сажесодержание в ОГ будет складываться из взаимодействия этих зон.

Материалы и методы. При впрыскивании метанола в КС, температура воздуха в которой составляет около 500°C , начинается интенсивное поглощение теплоты за счет испарения спиртового топлива, в результате которого температура в объеме факела резко понижается, что приводит к замедлению химических реакций предпламенного окисления и способствует образованию активных радикалов. По мере взаимодействия с горячим воздухом в результате турбулентного перемешивания происходит повышение температуры паров топлива. В этом объеме факела образование частиц сажи может происходить за счет разложения молекулы спирта при недостатке окислителя.

Подвергаясь термическому распаду, углеводороды топлива образуют активные центры цепных реакций – атомы и радикалы – и ацетилен. При температурах менее 1500 К образуются фенильный $\text{C}_6\dot{\text{H}}_5$ и бензильный $\text{C}_4\dot{\text{H}}_3$ радикалы. Эти радикалы, взаимодействуя с ацетиленом C_2H_2 , радикалом $\text{C}_2\dot{\text{H}}$ и углеводородами топлива, образуют химический «зародыш» сажевой частицы. При температуре выше 1500 К углеводороды топлива под действием термического пиролиза разлагаются до ацетилена.

Молекула метанола, подвергаясь термическому распаду, образует радикалы $\text{C}\dot{\text{H}}_3$, которые, в свою очередь, под действием дегидрогенизации образуют радикалы $\text{C}\dot{\text{H}}_2$, $\text{C}\dot{\text{H}}$ и атомарный углерод С. Эти радикалы при взаимодействии с ацетиленом C_2H_2 и радикалом $\text{C}_2\dot{\text{H}}$ образуют химические «зародыши» сажевых частиц, которые в процессе поверхностного роста образуют физический «зародыш» сажевых частиц. После процесса коагуляции происходит увеличение частиц, и образуются первичные сажевые частицы – кристаллиты. Затем при взаимодействии кристаллитов образуются вторичные цепочечные структуры.

Одновременно с этим протекает процесс окисления сажевых частиц и углерода, находящегося в жидкой или газообразной фазе.



Рис. 1. Процесс образования сажи в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 с полусферической КС в поршне при работе на метаноле с ДСТ и впрыскивании ДТ (запального) через многоструйную форсунку

Результаты исследований и их обсуждение. На первом этапе происходит термическое разложение углеводорода топлива на индивидуальные низкомолекулярные углеводороды по радикально-цепному механизму.

На втором этапе происходит их термическое разложение и превращение индивидуальных углеводородов в ацетилен, который выступает в качестве основного сырьевого продукта при последующих процессах образования сажи.

На третьем этапе происходит термическое взрывное разложение ацетилена с образованием углеродного радикала $C_4\dot{H}_2$ и бимолекулярное разложение ацетилена с последующим образованием кольцевой структуры фенильного радикала $C_6\dot{H}_5$. Указанные радикалы являются химическими «зародышами» будущей сажевой частицы.

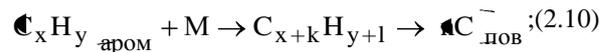
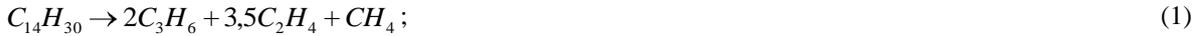
На четвертом этапе продолжается дальнейший рост числа атомов углерода в радикале $C_4\dot{H}_2$ до 80-100 и образование физической поверхности минимальной сажевой частицы, то есть физического «зародыша» сажевой частицы. Процесс начинается в гомофазной фазе и заканчивается фазовым переходом с образованием твердой конденсированной фазы.

На пятом этапе происходит гетерогенный процесс поверхностного роста частицы до характерных размеров. Далее происходит разложение молекулы углеводорода или радикала на поверхности частицы. При быстром охлаждении часть высокомолекулярных углеводородов не успевает пройти все стадии процесса и осажается на поверхности сажевых частиц, что и предопределяет канцерогенную опасность сажи.

Образование кристаллитов может происходить также посредством взаимодействия твердых радикалов, собранных в единые агломераты, непосредственно в сажевой частице в процессе графитизации. Размер частиц зависит от времени пребывания и перенасыщения системы «зародышами».

Процесс коагуляции первичных частиц идет одновременно с процессом поверхностного роста и оказывает влияние на форму и структуру частиц сажи. По мере роста частиц их радикальные свойства и степень концентрации снижаются. Наиболее вероятный размер сажевых частиц в цилиндре дизеля при работе на метаноле равен 10 – 30 нм.

Система химических уравнений разложения топлива при условной молекуле $C_{14}H_{30}$ для НТФМ может быть представлена в следующем виде:



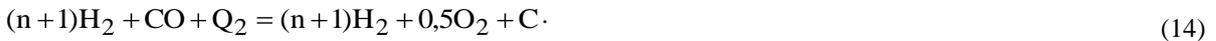
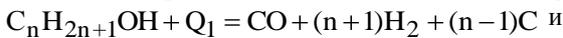
где M-молекула углеводорода или углеводородный радикал.

Схема низкотемпературного окисления ацетилена может быть представлена следующими реакциями:



Низкотемпературное окисление ацетилена приводит к росту концентрации радикалов $C_2\dot{H}$ и усилению цепных полимеризационных процессов, ответственных за образование сажи в диффузионных пламенах.

Рассмотрим возможный механизм образования сажи из метанола – спирта с большим содержанием кислорода. Метанол разлагается в течение двух эндотермических стадий:



Для метанола $Q_1 = 1276,05$ кДж/кг, $Q_2 = 3846,4$ кДж/кг. У него на первой стадии процесс идёт без образования твердого углерода (здесь $n=1$). Окисление спиртов (вторая стадия) идёт уже без образования сажи. Поэтому для метанола уравнения примут вид:



При интервале температур 1000...2500 К и давлении 5...10 МПа молекула метанола подвергается термическому распаду:



Затем из радикалов $C\dot{H}_3$ и $C\dot{H}_3O$ последовательным дегидрированием получается атом C:



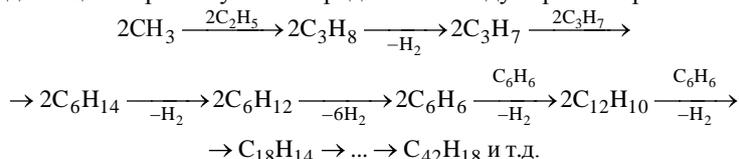
или радикалы $C\dot{H}_3$ и $O\dot{H}$ могут вступать в реакцию с молекулой метанола:



Кроме того, радикалы $O\dot{H}$ участвуют в реакциях с радикалами углеводородов, в результате которых образуется молекула воды:



Затраты энергии на образование углеводородных радикалов снижаются с увеличением последних. Рост углеродной цепи промежуточных радикалов следует рассматривать как радикально-цепной механизм:



Первой стадией этого процесса являются реакции (20) и (1), затем углеводородные радикалы вступают во взаимодействие друг с другом:



Эта реакция важна как для воспламенения, так и для распространения пламени, поскольку конкурирует с реакциями окисления радикалов CH_3 . Кроме того, она является важным источником углеводородов C_2 , которые ведут к образованию сажи:



Последующая полициклизация бензола, образовавшегося по этой схеме, сопровождается отщеплением водорода и ассоциацией фенильных радикалов. Она приводит к формированию полициклических конденсированных углеводородов. Образование плоских конденсированных молекул из «ароматических» колец представляет собой цепной радикальный механизм, протекающий через образование углеводородных радикалов с высокой степенью делокализации неспаренного электрона с их последующей конденсацией.

Полициклические углеводороды, разрастаясь, оттесняют имеющийся в них водород к периферии. Происходит формирование кристаллитов и затем образование сажевых частиц, при соударении которых формируются сажевые структуры.

На протяжении всего процесса сгорания в дизеле параллельно с процессом образования сажевых частиц идет процесс их выгорания.

Выгорание сажи при сжигании углеводородного топлива принято рассматривать как совокупность процессов ее «газификации» за счет взаимодействия с углекислым газом и парами воды и «окисления» за счет химической реакции со свободным кислородом.

Горение углерода – гетерогенный процесс, определяемый как кинетикой горения на поверхности и в глубине углеродного массива частицы, так и диффузионным переносом кислорода и продуктов сгорания к горячей поверхности.

Сорбционный механизм взаимодействия углерода с кислородом является многостадийным процессом, однако при температурах, характерных для дизельного цикла (> 1000 К), сорбционные реакции протекают практически мгновенно.

Для горения углерода характерно качественное многообразие одновременно протекающих реакций. Основными газами, реагирующими с углеродом сажи, являются кислород, углекислота и водяной пар (окислитель). Основными результирующими реакциями являются следующие.

Реакция углерода с кислородом:



Эти две реакции принято называть первичными в процессе горения углерода. Наряду с ними у поверхности горячей углеродной частицы возможно взаимодействие образовавшейся окиси углерода с диффундирующим из объема кислородом: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$.

Взаимодействие с парами воды:



Скорость данных реакций при температурах, меньших, чем 1200 К, невелика, поэтому они не оказывают значительного влияния на процесс окисления углерода.

При сгорании метанола образуется большое количество радикалов $\text{OH} \cdot$ и $\text{H} \cdot$, а также свободного водорода H_2 , что приводит к явлению «мокрой газификации углерода», в результате которой может проходить реакция: $\text{C} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4$.

Взаимодействие с двуокисью углерода:



Выводы.

Взаимодействие углерода с окислителем протекает с участием промежуточных нестабильных образований, которые в течение более или менее длительного времени находятся в адсорбированном состоянии на наружной поверхности углеродного массива и на поверхности пор. Таким образом, взаимодействие идет

через образование адсорбционного слоя газа на углеродной поверхности.

При низкотемпературном окислении углерода сорбционный механизм развития процесса целиком определяет интенсивность выгорания углерода. При температурах 600 – 800 К сорбционный механизм взаимодействия с кислородом перестает играть роль даже для наименее активных углей (графит, кокс). По мере повышения химической активности угля и увеличения экзотермического эффекта реакции наблюдается снижение температур, после достижения которых роль сорбционных процессов значительно сокращается. При низких температурах только небольшая часть поверхности углерода подвергается хемосорбции (химической адсорбции). При взаимодействии углерода с кислородом в процессе хемосорбции образуются оксид и диоксид углерода. Кислород никогда не может быть сорбирован в чистом виде. Атомы кислорода, находящиеся вблизи углеродной поверхности, адсорбируются на поверхности, удерживаясь на ней за счет «химических» сил. При этом происходит глубокое объединение атомов кислорода и углерода с образованием сложных соединений C_xO_y . Эти соединения через некоторое время распадаются до CO и CO_2 .

При высокотемпературном горении углерода можно пренебречь нестационарностью реакций горения, так как сорбционные процессы протекают в этих условиях практически мгновенно. При этом можно считать, что данному количеству поглощенного углем окислителя соответствует стехиометрическое количество выделяющихся продуктов реакции. Механизм горения в этих условиях, вследствие быстроты сорбционных процессов, приобретает мгновенный характер.

Литература

1. Батулин, С. А. Физические основы и математическое моделирование процессов сажевыделения и теплового излучения в дизелях: дис. ... д-ра техн. наук / С. А. Батулин. – Ленинград, 1982. – 443 с.
2. Разлейцев, Н. Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях / Н. Ф. Разлейцев. – Харьков: Высшая школа, 1980. – 169 с.
3. Решетников, С. М. Анатомия горения / М. С. Решетников, И. С. Решетников. – Москва: НГСС, 2014. – 247 с.
4. Ямпольский, Ю. П. Элементарные реакции и механизм пиролиза углеводородов / Ю. П. Ямпольский. – Москва, 1990. – 216 с.

Сведения об авторах

1. **Лиханов Виталий Анатольевич**, доктор технических наук, академик РАТ, профессор, заведующий кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 610017, Кировская область, г. Киров, Октябрьский проспект, 133; e-mail: lihanov.va@mail.ru, тел. 8(8332)57-43-07;

2. **Россохин Алексей Валерьевич**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 610017, Кировская область, г. Киров, Октябрьский проспект, 133; e-mail: rossokhin.dvs@mail.ru, тел. 8-912-727-08-74.

THE INFLUENCE OF THE USE OF METHANOL ON SMOKE BURNED GASES OF QUICK-DRY DIESEL WITH THE SEMI-SPHERICAL COMBUSTION CHAMBER

V.A. Likhanov, A.V. Rossokhin
Vyatka State Agricultural Academy
610017, Kirov, Russian Federation

Abstract. One of the reasons for curbing the expansion of the use of diesel engines is the increased content in the exhaust gases of soot particles in comparison with gasoline internal combustion engines. Which, in turn, determine the smokiness of the exhaust gases. Therefore, it is necessary to strive to reduce the smokiness of exhaust gases by any means. Another problem with the use of diesel engines is the high cost of diesel fuel, which increases the cost of operating vehicles equipped with diesel engines.

One of the ways to solve these problems is the use of alternative fuels. One of these fuels is methanol (methanol). Its use as fuel will reduce the need for traditional diesel fuel and reduce the amount of soot in the exhaust gases.

To understand the processes of formation and burning out of soot in a diesel cylinder, it is necessary to consider the chemistry of the processes of both formation and oxidation of soot particles. This is a multistage process associated with a large number of intermediate compounds that form under the conditions of the diesel cylinder, interacting with each other, forming new compounds, varying degrees of stability, and a tendency to form embryos of soot particles.

Methanol, due to its chemical structure, is less prone to complex compounds compared to petroleum diesel fuel, which lead to the formation of embryos of which a soot particle will later form.

When creating favorable conditions for the oxidation of soot particles, and this requires a high temperature and the presence of oxygen, there is burnout of soot particles with the formation of carbon dioxide and water.

Key words: diesel, methanol, soot, smoke of exhaust gases, carbon.

References

1. Baturin, S.A. Physical bases and mathematical modeling of processes of a soot allocation and thermal radiation in diesels: Thesis of ... Dr. of Tech. Sci. / S.A. Baturin. – Leningrad, 1982. – 443 p.
2. Razleytsev, N. F. Modeling and optimization of process of combustion in diesels / N.F. Razleytsev. – Kharkiv: The higher school, 1980. – 169 p.
3. Reshetnikov, S.M. Anatomy of burning / M.S. Reshetnikov, I.S. Reshetnikov. – Moscow: NGSS, 2014. – 247 p.
4. Yampolsky, Yu. P. Elementary reactions and mechanism of pyrolysis of hydrocarbons / Yu.P. Yampolsky. – Moscow, 1990. – 216 p.

Information about authors

1. **Likhanov Vitaly Anatolyevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirovskaya oblast, Kirov, 133, Oktyabrsky prospect, tel. 8(8332)57-43-07;
2. **Rossokhin Aleksey Valeryevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirovskaya region, Kirov, 133, Oktyabrsky prospect, tel. 8-912-727-08-74.

УДК 621.436

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА МЕТАНОЛЕ И МЕТИЛОВОМ ЭФИРЕ РАПСОВОГО МАСЛА НА УСТАНОВОЧНЫХ УГЛАХ ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

В.А. Лиханов, А.С. Юрлов

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия
610017, г.Киров, Российская Федерация*

Аннотация. В работе представлены материалы, доказывающие возможность применения альтернативных видов топлива в автотракторном дизеле воздушного охлаждения с полусферической камерой сгорания. В качестве топлива вместо дизельного предлагается использовать метиловый спирт (метанол) и метиловый эфир рапсового масла. Актуальность проводимых нами исследований подтверждается все возрастающими требованиями к экологическим показателям работы двигателей внутреннего сгорания, а также диктуется и экономическими соображениями, поскольку стоимость товарных нефтепродуктов, в том числе и дизельного топлива, постоянно увеличивается.

Одним из способов замещения традиционного дизельного топлива является внедрение на уже существующих и выпускаемых дизелях двойной системы топливоподачи, в которых есть как основное топливо, в нашем случае это метанол, так и запальное – метиловый эфир рапсового масла. Оба этих вида топлива имеют биологическое происхождение, могут синтезироваться в промышленных масштабах, причем сырьевая база, требующаяся для их производства, практически не ограничена. По своим физико-химическим и моторным свойствам эти виды топлива безвредны для дизеля и вполне могут заменить дизельное топливо без необходимости существенных переделок в системе его питания.

Конечно, применение этих видов топлива требует серьезных исследований рабочего процесса двигателя, которые должны сопровождаться определением оптимальных регулировочных параметров с целью сохранения мощностных и эффективных показателей работы двигателя, степени содержания в отработавших газах вредных веществ.

В данной работе рассмотрено влияние установочных углов опережения впрыскивания топлив на изменение давления газов в цилиндре дизеля в зависимости от угла поворота коленчатого вала с целью определения оптимальных значений этих углов. Дальнейший анализ полученных индикаторных диаграмм позволит определить показатели процессов сгорания и тепловыделения в цилиндре двигателя, сравнить их с аналогичными показателями при работе на дизельном топливе, определить оптимальные значения.

Ключевые слова: дизель, метанол, метиловый эфир рапсового масла, индикаторная диаграмма, двойная система топливоподачи.

Введение. Эксплуатация автомобилей и тракторов сопровождается значительным загрязнением токсичными компонентами отработавших газов окружающей среды: атмосферного воздуха, водной среды, почв и сельхозпродукции – которые оказывают негативное воздействие на здоровье человека.

Снижение доли транспорта, участвующего в загрязнении окружающей среды, является одним из главных государственных приоритетов транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 г. Для снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду предполагается выработать механизмы государственного регулирования, обеспечивающие повышение мотивации перевода транспортных средств на экологически чистые виды топлива, и введение их в действие. Одним из индикаторов этого процесса является