

Никоноров А.Н.,

кандидат технических наук.

Военная академия материально-технического обеспечения

им. генерала армии А.В. Хрулёва,

Россия г. Санкт-Петербург

Воскресенский Е.О.,

курсант

3 курс, командно-инженерный (автомобильно-дорожный) факультет.

Военная академия материально-технического обеспечения

им. генерала армии А.В. Хрулёва,

Россия г. Санкт-Петербург

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

***Аннотация:** в данной статье проведено исследование сгорания топлива и определены параметры технического состояния дизеля, которые влияют на качество протекания процесса смесеобразования в дизельных двигателях.*

***Ключевые слова:** экология, автомобильная техника, двигатель, дизель, смесеобразование.*

***Annotation:** in this article, a study of fuel combustion is carried out and the parameters of the technical condition of diesel engines that affect the quality of the mixing process in diesel engines are determined.*

***Key words:** ecology, automotive vehicles, engine, diesel, mixture formation.*

Главная задача смесеобразования к камере сгорания цилиндра дизеля является получение оптимального размера капель топлива и его пространственного распределения. От качества этого процесса зависит концентрация некоторых веществ в отработавших газах (ОГ)[1].

При данном виде смесеобразования, процесс распыливания начинается в начальный момент впрыскивания.

Качество распыливания топлива, поступающего в камеру сгорания цилиндра дизеля, характеризуется макро- и микроструктурой рабочей смеси, которая в сочетании с газодинамическим состоянием заряда в рабочей полости обуславливает физико-химическую подготовку топлива к воспламенению и к самому процессу сгорания.

Макроструктура рабочей смеси не должна содержать крупные капли 50 мкм, для того чтобы избежать роста потерь от неполноты сгорания и ухудшения динамики тепловыделения[2].

В дизелях сжатие горючей смеси в цилиндре с воздухом, происходит под высоким давлением, которое достигает 21000 кПа.

Для исследования необходимо подробно рассмотреть, каким способом возникают вещества, выбрасываемые вместе с ОГ.

Для этого целесообразно разделить струю впрыскиваемого в камеру сгорания топлива схематично на четыре основные области: обедненная область пламени, обедненная внешняя область пламени, ядро струи и хвост струи, как представлено на рисунке 1[3].

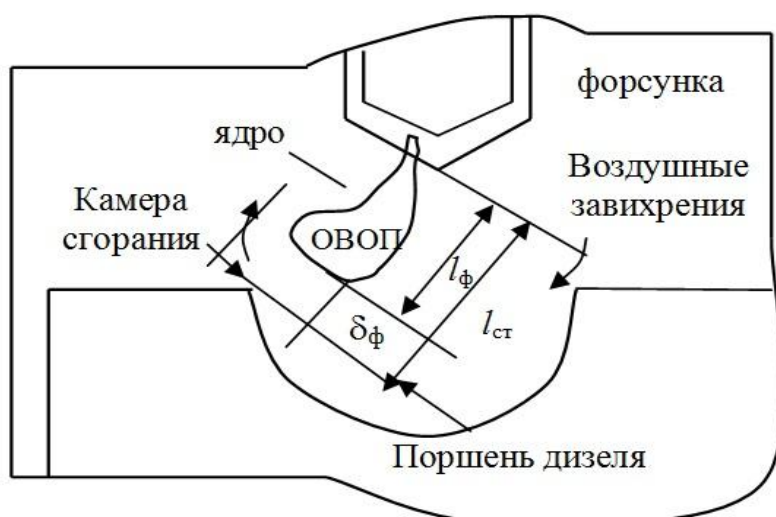


Рисунок 1 – Основные параметры струи топлива впрыскиваемой форсункой

Воспламенение начинается на границе нижней части струи в зонах, где еще не произошло перемешивания, затем происходит полное сгорание всей струи и в результате в этой области выбросы продуктов неполного сгорания водорода H_2 и оксид углерода CO , сравнительно малы. Но из-за высоких температур и наличия достаточного количества кислорода происходит массовое образование оксид NO_x по механизму предложенному академиком Зельдовичем[4].

После того как происходит распространение пламени по объему камеры сгорания, образуются NO_x в горючих продуктах. Бедные горючие смеси относительно химических стехиометрических составов дают наивысшие концентрации NO . В них имеется некоторое количество достаточного кислорода при относительно высоких температурах, при этом уровень концентрации NO_x достигает до величины 1% моля продуктов горения.

При сгорании первой порции смеси в камере сгорания дизеля возникает наивысшая концентрация NO_x , поскольку для этой порции имеется наибольшее время пребывания и градиент температуры, обусловленный развитием процесса горения в замкнутом пространстве.

На дальней периферии струи располагается обедненная внешняя область пламени (ОВОП). В этой области соотношение топлива с воздухом слишком низко, чтобы обеспечить сгорание. Размер этой области изменяется в зависимости от давления и температуры в камере сгорания, а при увеличении давления и температуры уменьшается размер турбулентности воздушного потока, летучести топлива и ОВОП, что дает возможность более полного сгорания бедной смеси.

В этих областях образуются: оксид углерода CO , углеводороды CH и другие продукты неполного сгорания, включая альдегиды и водород H_2 .

Ядро струи содержит более крупные капли, чем в области ОВОП, поэтому капли в ядре струи частично или полностью испаряются из-за увеличения температуры при горении в области обедненного пламени, горение в этой области зависит от соотношения топливо – воздух, которое в свою очередь в

значительной степени зависит от взаимодействия между ядром струи и завихрениями воздуха в цилиндре. Область вблизи ядра струи обогащена не полностью, содержит достаточное количество кислорода для полного сгорания и таким образом служат источником NO_x .

Ядро струи, обогащенное топливом, способствует образованию продуктов неполного сгорания: оксида углерода CO , водорода H_2 и частиц углерода C и очень мало NO_x .

Самые последние порции впрыскиваемого топлива концентрируются в хвостовой части струи, при этом давление в цилиндре уменьшается, и образуются крупные частицы топлива, которые при соединении их с воздухом и перемешиванием хуже воспламеняются. Высокая температура в камере сгорания приводит к испарению и распаду топлива в хвосте струи. В результате этого образуются выбросы водорода H_2 , оксидов углерода CO , CO_2 , углеводородов CH_4 , альдегидов и частиц углерода C .

С момента поступления в цилиндр дизеля топлива под действием сил аэродинамического сопротивления и условий в КС, а также начальных возмущений в потоке при истечении через сопла распыляется на капли, которые диспергируются воздушными завихрениями. При этом часть топлива оседает на стенке камеры сгорания и, образуя сложную пристеночную структуру с наличием пленочных элементов, а, следовательно, соотношение топливо – воздух сильно изменяется в различных областях струи.

Полуразделенные камеры сгорания имеют достаточно высокие технико-экономические показатели, во многом благодаря вращательному движению заряда, созданного при впуске, с движением поршня в процессе сжатия и последующего хода расширения.

При впрыске топлива во вращающийся воздушный заряд на частицы топлива, увлекаемые воздухом, дополнительно к основной аэродинамической силе, вызывающей движение в направлении вихря оказывает действие центробежная сила, направленная от центра, которая возникает от разности давления и плотности воздуха по сечению вихря.

Турбулентность воздуха, которая создается при движении воздуха через впускные клапаны, улучшает качество смесеобразования и воспламенения заряда. Воспламенение произойдет в точках КС в тот момент, когда будет иметь место сочетание необходимой концентрации смеси и соответствующей температуры воспламенения[5]. Вследствие того, что продукты сгорания имеют высокую температуру, движутся к центру вихря, вытесняя холодный воздух к периферии.

Гидродинамическое состояние воздушного заряда зависит не только от динамики потока, но и от плотности частиц потока.

Так как засорение воздушного фильтра замедляет воздушный поток и уменьшает количество воздуха, которое поступает в цилиндр дизеля, приводит к ухудшению турбулентности, а, следовательно, и качества перемешивания воздуха с топливом.

При этом нарушается процесс сгорания и возрастает количество продуктов неполного сгорания: сажа, оксид углерода СО и водорода H_2 .

При наличии негерметичности КС с плотностью заряда и процесс смесеобразования ухудшается, из-за утечек сжимаемого заряда через компрессионные кольца при износе деталей цилиндра-поршневой группы или неплотности прилегания клапанов к гнездам при нарушении регулировок [2].

Сгорание части смеси топлива, осевшей на стенках камеры сгорания, зависит от процесса перемешивания топлива с кислородом и скоростью его испарения. Если кислорода в окружающем газе будет недостаточно для сгорания, то топливо будет испаряться, разлагаться и вследствие этого будут образовываться продукты неполного сгорания: водорода H , оксид углерода СО и частицы углерода С.

Как видно из рассмотрения смесеобразования, в объеме КС дизеля наиболее существенным понятием являются мелкодисперстность и однородность распыливания, связанные в основном с понятием дальноточности струи впрыскиваемого топлива.

Одним из основных факторов, определяющих дальнобойность струи (L), является кинетическая энергия топлива, вытекающего из распылителя. Данная энергия зависит от массы топлива и скорости его истечения, которые определяются формой кривой характеристики впрыска (максимальным давлением распыливания P_{fmax}).

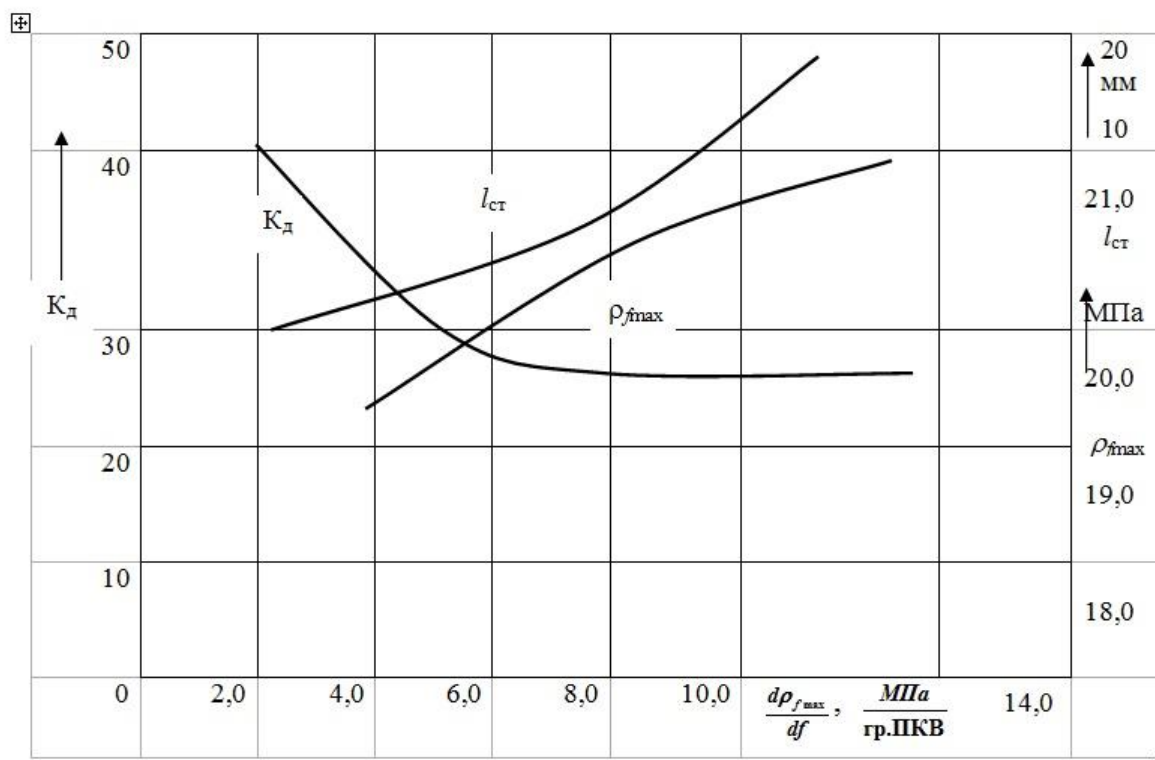


Рисунок 2 – Зависимость уровня дымности и дальнобойности струи топлива за период индукции от средней скорости нарастания в переднем фронте

Из анализа графика, представленного на рисунке 2, следует, что чем быстрее нарастает скорость подачи топлива в начале впрыскивания, тем больше будет проходить путь струя топлива ($l_{ст}$), и также на развитие процесса смесеобразования в камере сгорания влияет увеличение цикловой подачи $q_{ц}$, так как при этом растет давление впрыскивания (P_{fmax}) и распыливание топлива становится более мелким и однородным, и также угол опережения впрыскивания топлива – $\varphi_{оп}$.

С целью оценки основных факторов, определяющих образование твердых частиц, целесообразно дополнить основные уравнения математической модели внутрицилиндровых процессов зависимостями показателей дымности ОГ. Анализ различных точек зрения на образование твердых частиц позволяет утверждать, что основным фактором, в этом отношении является коэффициент избытка воздуха, т. е.

$$K_d = f(\alpha).$$

При этом значения α могут моделироваться соотношением

$$\alpha = \frac{G_{\text{вц}}}{l_o g_{\text{ц}}},$$

где $G_{\text{вц}}$ – масса воздушного циклового заряда, кг/цикл;

l_o – стехиометрическое число;

$g_{\text{ц}}$ – масса цикловой подачи, кг/цикл.

При этом

$$G_{\text{вц}} = \rho \cdot V'_h \cdot \eta_v,$$

где ρ_o – плотность атмосферного воздуха, кг/см³;

V'_h – рабочий объем одного цилиндра, м³;

η_v – коэффициент наполнения.

На основе анализа факторов, определяющих значения составляющих коэффициентов, можно записать

$$\alpha = f_1(g_{\text{ц}}; \Delta p; P_o; T_o; P_{\text{впр}}; \Theta_{\text{впр}}).$$

Таким образом, коэффициенты дымности ОГ являются функцией

$$K_d = f_2(g_{\text{ц}}; \Delta P; P_o; T_o; P_{\text{впро}}; \Theta_{\text{впр}})$$

На основании проведенного анализа видно, что в наибольшей степени влияют на качество протекания процесса смесеобразования, следующие параметры технического состояния дизеля: максимальное давление начала подъема иглы форсунки $P_{\text{впр}}$, угол опережения впрыска топлива $\theta_{\text{опв}}$, состояние воздухоочистителя Δp и температура окружающей среды t_o , °C.

Использованные источники:

1. Фанлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей. Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. –Л.: Машиностроение, 1990.-238 с.
2. Ждановский Н.С., Николаенко А.В. Надежность и долговечность автотракторных двигателей. – М.: Колос, 1981.-295 с.
3. Автоматизированные системы диагностирования. Справочная картотека. Приборы диагностирования двигателей внутреннего сгорания. – М., 1977.-56с.
4. Зельдович Я.Б. и др. Окисление азота при горении – М.: Издательство АН СССР, 1947. -220 с.
5. Райков И.Я., Рывинский Г.Н. Автомобильные двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1966.-148с.