

ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ РАБОТЕ ДВИГАТЕЛЯ НА АКТИВИРОВАННОМ ТОПЛИВЕ

П. Я. КАНТОР, канд. физ.-мат. наук, доцент
М. В. МОТОВИЛОВА, аспирант
ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

Введение. Наиболее экономичным из известных силовых установок является дизельный двигатель. Имея более высокий термический КПД, дизельный двигатель используется в большинстве транспортных средств. В современных условиях особое внимание уделяется не только экономичной работе двигателя, но и экологическим показателям. Обеспечение малой концентрации токсических веществ в отработавших газах и хорошей экономичности двигателя связано с улучшением процесса смесеобразования и горения.

Необходимая энергия для совершения механической работы образуется в результате химических реакций. Время реакций в цилиндре дизельного двигателя составляет тысячные доли секунды. Для полноценного процесса сгорания в данных условиях необходимо хорошее смесеобразование. Способы образования топливовоздушной смеси и протекание химических реакций в тепловых двигателях обуславливают ряд требований, предъявляемых к топливу и окислителю. Топливо должно иметь: хорошую испаряемость, которая зависит от фракционного состава, упругости паров топлива и поверхностного натяжения; оптимальное значение плотности, вязкости, сжимаемости [1].

Оказание дополнительного теплового воздействия на топливо в самой системе топливоподачи перед форсункой положительно сказывается на его физико-механических свойствах, а также на рабочем процессе дизеля [5–8].

Основная часть. За счет высокотемпературного локального воздействия на топливопровод высокого давления объем смеси, равный объему цикловой подачи, быстро прогревается. Физико-механические характеристики топлива изменяются [6]. Процесс смесеобразования может происходить несколько иначе. Необходимо рассмотреть смесеобразование в цилиндре двигателя при его работе на активированном топливе в пределах 50–300 °С.

Результаты лабораторных исследований позволили сделать вывод о работоспособности ФД22 455.1112010-50 (форсунка закрытого типа с гидравлическим управлением подъема иглы) и соответствии основных

параметров ее работы ТУ [2]. При этом результаты исследований также визуально показали изменение основных параметров топливного факела.

Вопросу смесеобразования уделяется большое внимание. В дизельном двигателе процесс смесеобразования и сгорания совпадают по времени. Процесс смесеобразования начинается с момента поступления топлива в цилиндр двигателя и продолжается сотые доли секунды. За это время топливо должно смешаться с воздухом в камере сгорания, нагреться, испариться, пройти все необходимые подготовительные реакции для воспламенения, воспламениться и полностью сгореть. При внутреннем смесеобразовании топливно-воздушная смесь характеризуется неоднородностью, что влияет на полноту сгорания. Однородность и мелкодисперсность распыливания при смесеобразовании можно улучшить увеличением давления впрыскивания топлива, изменением геометрических параметров соплового отверстия форсунки, уменьшением вязкости топлива.

Распыливание топлива зависит от числа Вебера, которое определяется отношением сил инерции к силам поверхностного натяжения. Числовое значение критерия можно определить из выражения [3, 4]:

$$W_s = \frac{\rho \cdot d \cdot v^2}{\sigma}, \quad (1)$$

где ρ – плотность газовой среды, $\text{м}^3/\text{кг}$;

d – диаметр капли, м ;

V – скорость струи жидкости в газовой среде, $\text{м}/\text{с}$;

σ – поверхностное натяжение топлива, $\text{Н}/\text{м}$.

Тонкость распыливания характеризуется диаметром и числом капель. Большое влияние на смесеобразование оказывают форма факела распыления топлива, деструкция топливной струи в камере сгорания, равномерность распределения распыленного топлива по всей массе заряда, закон подачи топлива, форма камеры сгорания.

Большое распространение получили камеры сгорания, сконструированные в ЦНИДИ, которые благодаря своей конструкции способствуют завихрению воздуха в цилиндре, что благоприятно сказывается на смесеобразовании.

Распределение топлива в воздушном заряде в камере сгорания неравномерное. Форсунка ФД22 455.1112010-50 имеет пять отверстий. Угол конусности при цилиндрической форме соплового отверстия составляет 15° , суммарный сектор распыливания всеми топливными фа-

келами составляет 75° . Большая часть воздуха в камере сгорания труднодоступна для топливных факелов.

При работе дизеля на высокоактивированном топливе ($t = 300^\circ\text{C}$) коэффициент поверхностного натяжения и вязкость топлива резко уменьшаются. Параметры топливного факела характеризуются увеличением угла распыливания. Суммарный сектор распыливания топлива увеличивается до 250° согласно значений таблицы.

**Показатели, характеризующие деструкцию факела
и смесеобразование от температуры активации топлива**

Показатели	ДТ без подогрева	ДТ ($t_1 = 150^\circ\text{C}$)	ДТ ($t_2 = 300^\circ\text{C}$)
Число Вебера, We	158022	280847	$1782 \cdot 10^3$
Средний диаметр капель ДТ при впрыске по Заутеру, d_{32} , мкм	26,31	19,42	4,52
Угол топливного факела, Θ , град	15	20	51
Длина топливной струи, s , мм	26,5	22,1	15

Средний объемно-поверхностный диаметр капель топлива (диаметр Заутера), характеризующий степень распыливания уменьшается в 5 раз, что свидетельствует об интенсивной деструкции топливного факела [4]. В результате впрыска происходит мелкодисперсное распыление топлива. Параметры, которые влияют на мелкость распыливания топлива, можно оценить по критерию Лапласа:

$$L_a = \frac{\sigma}{\rho_T \cdot v_T^2} \quad ; \quad (2)$$

$$\eta_T = \nu_T \cdot \rho_T, \quad (3)$$

где L_a – критерий Лапласа;

d_c – диаметр соплового отверстия, м;

σ – коэффициент поверхностного натяжения топлива, Н/м;

η_T – динамическая вязкость топлива, Па · с;

ν_T – кинематическая вязкость топлива, $\text{м}^2/\text{с}$;

При мелкодисперсном распыливании скорость нагрева капли топлива ускоряется, процесс испарения и смесеобразования идет интенсивнее.

Сразу после испарения молекулы углеводородного топлива начинают очень быстро нагреваться, что приводит к частичному или полному разрушению структурной цепи углеводородной молекулы по

связи углерод – углерод. А так как в дизельном топливе содержатся тяжелые молекулы с числом атомов углерода 12–25, при достижении нужной температуры они расщепляются на более легкие углеводороды и перемешиваются с воздушным зарядом.

Дизельное топливо – это многокомпонентная, сложная по химическому составу и структуре жидкость, состоящая из различных фракций углеводородов со своими химическими свойствами. Ароматические углеводороды имеют самую высокую термическую стойкость к окислению. Часть алкановых и нафтеновых углеводородов имеют температуру перехода из жидкой фазы в газообразную в пределах 200–300 °С.

При впрыскивании подогретого дизельного топлива до 300 °С происходит практически мгновенное испарение наиболее легкокипящих компонентов ДТ в результате резкого падения давления. К тому же давление впрыска превышает критические значения для большинства углеводородов, входящих в состав дизельного топлива. При этом не происходит локального понижения температуры при впрыскивании топлива. Деструкция топливного факела при данных условиях максимальная, распыливание происходит на более мелкие фракции, повышается однородность топливно-воздушной смеси в камере сгорания, увеличивается суммарная площадь капель, уменьшается разница температур между топливом и окружающим его воздушным зарядом. Улучшаются условия смесеобразования в цилиндре двигателя.

На деструкцию струи большое значение оказывают скорость жидкости в газовой среде и глубина проникновения топливной струи:

$$uv = \mu_{\frac{1}{2}} \sqrt{2g \frac{P_{\frac{1}{2}} - P_{\frac{1}{2}}}{\rho}} 10^4, \quad (4)$$

$$s = \left(\frac{3 \cdot q_{\frac{1}{2}}}{\pi \cdot tg \frac{\alpha}{2}} \right)^{0.5}, \quad (5)$$

где $P_{\frac{1}{2}}$ – среднее давление впрыскивания топлива, кг/см²;

$P_{\frac{1}{2}}$ – среднее давление газа в цилиндре в период впрыскивания топлива, кг/см²;

$\mu_{\frac{1}{2}}$ – коэффициент расхода форсунки;

s – длина топливной струи, м;

$q_{\frac{1}{2}}$ – цикловая подача топлива, г/цикл.

Смесеобразование в камере сгорания (ЦНИДИ) объемно-пленочное, определенная масса впрыснутого топлива достигает стенок

камеры сгорания. Вследствие высокой температуры стенок и вихревого движения горячего воздуха топливо испаряется, смешивается с воздушным зарядом и проходит все реакции, подготавливающие его к воспламенению.

Заключение. При впрыскивании подогретого дизельного топлива до 300 °С глубина проникновения мелкодисперсного топливного факела уменьшается, и основная часть топлива окисляется в объеме камеры сгорания. Процесс сгорания будет происходить интенсивнее за счет тонкости распыливания с меньшими значениями скорости нарастания давления. Полнота сгорания увеличивается за счет улучшения условий смесеобразования топливовоздушной смеси.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Параметры работы дизельной форсунки на активированном топливе соответствуют ТУ. Имеет место изменение параметров топливного факела и условий смесеобразования.

2. При использовании активированного топлива улучшаются условия смесеобразования, увеличивается полнота сгорания. Процесс сгорания будет происходить интенсивнее, с меньшими значениями скорости нарастания давления. Улучшаются показатели долговечности двигателя.

3. Возможно снижение эмиссии отдельных токсических компонентов в отработавших газах, за счет лучшего смесеобразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ассад, М. С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчет, эксперимент / М. С. Ассад, О. Г. Пенязков. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 305 с.
2. Плотников, С. А. Исследование работы дизельной ТПА на высокоактивированном топливе / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, М. В. Мотовилова // Транспортные системы. – 2019. – № 1 (11). – С. 12–18.
3. Плотников, С. А. Расчет характеристик впрыскивания при работе дизеля на активированном топливе / С. А. Плотников, П. Я. Кантор, М. В. Мотовилова // Двигательостроение. – 2020. – № 2. – С. 19–23.
4. Лышевский, А. С. Процессы распыливания топлива дизельными форсунками / А. С. Лышевский. – Москва: Машгиз, 1963. – 281 с.
5. Плотников, С. А. Анализ процесса сгорания и тепловыделения тракторного дизеля с термической подготовкой топлива / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, А. Л. Бирюков // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 3 (27). – С. 114–124.
6. Плотников, С. А. Прогнозирование процессов воспламенения и сгорания нагретого топлива в дизеле / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк // Проблемы интенсификации животноводства с учетом пространственной инфраструктуры сельского хозяйства и охраны окружающей среды. – Фаленты-Варшава, 2012. – С. 216–220.

7. Плотников, С. А. Исследование показателей работы дизеля с термофорсированием / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк // Вестник Марийского государственного университета. – 2015. – С. 39–43.

8. Плотников, С. А. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствования топливоподающей аппаратуры: автореф. дис.... д-ра техн. наук / С. А. Плотников. – Нижний Новгород: НГТУ, 2011. – 40 с.

Аннотация: В процессе эксплуатации двигателя значительное внимание уделяется вопросам его экономичной работы, эмиссии отработавших газов в окружающую среду, а также улучшению процесса смесеобразования и горения.

Представлены характеристики процесса смесеобразования на активированном топливе. По результатам обоснована возможность применения данного вида топлива на стандартной ТПА с измененными условиями смесеобразования.

Ключевые слова: дизель, смесеобразование, активированное топливо, деструкция топливного факела.

УДК 621.432.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РАСШИРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ БАЗЫ ДВС

А. Н. КАРТАШЕВИЧ¹, д-р техн. наук, профессор

С. А. ПЛОТНИКОВ², д-р техн. наук, профессор

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь;

²ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

Введение. Использовать альтернативные топлива (АТ) на транспорте стали давно. Одновременно начались серьезные исследования и разработки в этой области. К настоящему времени исследованы свойства и возможность применения в ДВС значительного перечня нетрадиционных топлив и топливных композиций [1–3]. Разработаны рекомендации по их применению, созданы опытные образцы. Тем не менее, сегмент использования АТ на транспорте оставляет желать лучшего. Причин создавшейся ситуации несколько. И основная из них – неготовность заводов-изготовителей в выпуске линейки конструкций, предназначенных для работы на конкретном виде или составе АТ.