

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

УДК (631.3:621.43).001.5

С.Н. Девянин, доктор техн. наук
А.А. Путан
А.В. Лукьянов

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

УЛУЧШЕНИЕ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ТОПЛИВОПОДАЧИ

С момента изобретения дизеля и по сегодняшний день не прекращалась деятельность по совершенствованию дизеля, направленная на оптимизацию его работы и улучшению экономических показателей. А в последние несколько десятилетий активно исследуется, чтобы уменьшить эмиссию вредных веществ. Оптимизация смесеобразования в камере сгорания (КС) дизеля и топливоподачи играет в достижении поставленных целей решающую роль.

В своих работах Б.Н. Файнлейб и В.И. Бараев показали, что для быстроходных дизелей с объемной схемой смесеобразования в КС оптимальным условиям будет соответствовать такой момент начала впрыскивания, при котором струи топлива успеют охватить объем КС (достигнуть стенки) за период индукции (рис. 1) [1]. Причем критерием оптимальной топливоподачи здесь служит топливная экономичность.

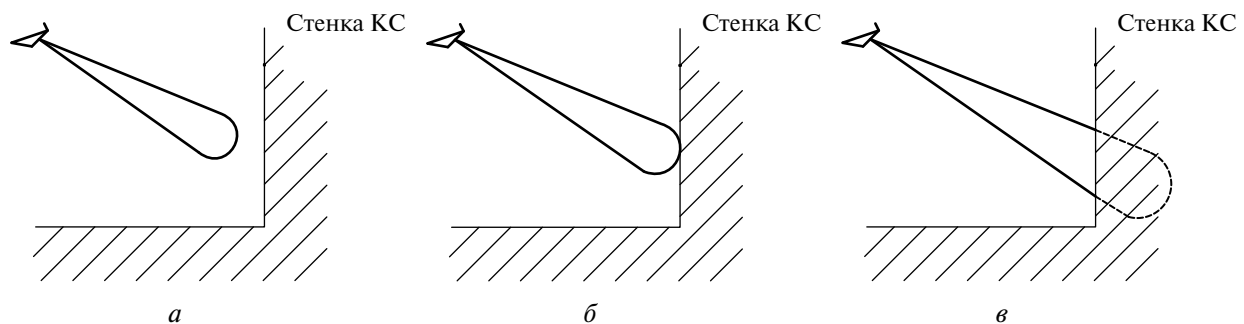


Рис. 1. Схема распространения струи топлива в КС дизеля:
а — струя топлива за период индукции не успевает достигнуть стенки КС; *б* — струя топлива за период индукции достигает стенки КС; *в* — скорость распространения струи намного больше, чем требуется для достижения стенки КС за период индукции

В современных дизелях не всегда удается разместить форсунку центрально и на одной оси относительно оси симметрии КС. Логично предположить, что расстояние от носка распылителя до стенки КС (длина топливных струй за период индукции) будет различаться, а значит, впрыснутое топливо не одновременно будет долетать до стенки КС и не всегда будет обеспечиваться оптимальная топливоподача. Для дизелей, где установлена топливная аппаратура разделенного типа и нет возможности регулировать скорость распространения топлива, предложенное условие топливоподачи для оптимального смесеобразования будет выполняться всего на нескольких режимах работы дизеля. И если бы был инструмент, позволяющий менять скорость распространения струи топлива за период индукции, например, изменение давление впрыска топлива или диаметр соплового отверстия, то можно было бы составить алгоритм изменения дальности распространения струи топлива в зависимости от режимов работы дизеля $n, M_{кр}$.

Чтобы оценить предположение, что при смещении форсунки относительно центрального расположения, соосного относительно оси КС, расстояние от носка распылителя до стенки КС будет различно, была построена математическая модель распространения струи топлива. При построении модели для упрощения было принято, что КС имеет цилиндрическую форму и бесконечную глубину. Форсунка относительно осей симметрии КС имеет смещение и наклонена в плоскости одной из осей (рис. 2).

Смещении форсунки относительно осей КС хорошо видно из рис. 3.

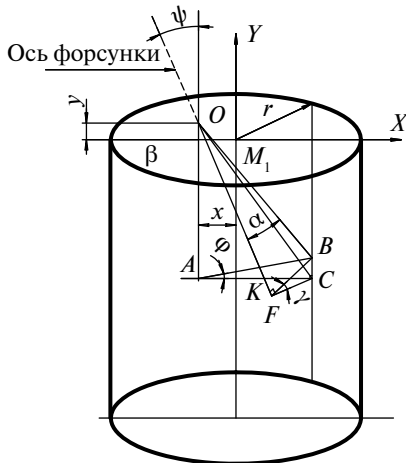


Рис. 2. Схема распространения струи топлива в камере сгорания:

OK — ось форсунки; ψ — угол наклона форсунки (отклонение от вертикальной оси); α — угол между осью форсунки и осью отверстий (в шатре); γ — угол в плоскости перпендикулярной оси форсунки BCF ; φ — угол, получающийся из построения; r — радиус КС; x, y — отклонения от осей симметрии КС X и Y

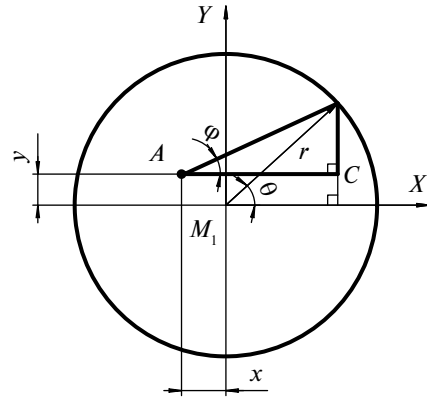


Рис. 3. Развитие топливной струи в плоскости перпендикулярной оси K (углы θ, φ получаются из построения)

Реализацией этой модели стало определение расстояния от точки впрыскивания (сопла распылителя) до стенки КС:

$$OB = \frac{x(\cos\alpha\sin\psi + \sin\alpha\cos\gamma\cos\psi) - y(\sin\alpha\sin\gamma)}{(\cos\alpha\sin\psi + \sin\alpha\cos\gamma\cos\psi)^2 + (\sin\alpha\sin\gamma)^2} + \sqrt{\frac{\left[\left[x(\cos\alpha\sin\psi + \sin\alpha\cos\gamma\cos\psi) - y(\sin\alpha\sin\gamma) \right]^2 - \left[(\cos\alpha\sin\psi + \sin\alpha\cos\gamma\cos\psi)^2 + (\sin\alpha\sin\gamma)^2 \right] \times \left\{ \begin{array}{l} \times(x^2 + y^2 - r^2) \end{array} \right\} \right]}{(\cos\alpha\sin\psi + \sin\alpha\cos\gamma\cos\psi)^2 + (\sin\alpha\sin\gamma)^2}}$$

Для анализа полученного выражения рассмотрим использование на дизеле Д-260 распылителя НЗТА 171.1112010–01 с углами отклонения струй топлива от оси форсунки $\alpha = 52, 52, 62, 62, 71,5^\circ$. И возьмем усредненный угол $\alpha_{ср} = 60^\circ$. Диапазон изменения угла наклона форсунок на дизелях разных моделях, находящихся в эксплуатации, изменяется приблизительно в пределах $0...30^\circ$. Радиус КС примем 20 мм, у автотракторных дизелей, находящихся в эксплуатации, радиус КС изменяется в достаточно широких пределах в зависимости от используемого типа КС. И чтобы его усреднить, остановимся на этом значении. Смещение форсунки относительно осей симметрии КС будем принимать $0,5R$ как максимальное отклонение, которое встречается на дизелях. Рассмотрим четыре случая.

Случай 1, когда форсунка будет иметь центральное расположение, при наклоне форсунки в плоскости, параллельной оси X (рис. 4).

Рассмотрим изменение расстояния от распылителя до стенки КС при угле $\psi = 20^\circ$. Наибольшее значение $OB_{max} = 40$ мм, $OB_{min} = 20$ мм. Если расположить струи топлива равномерно (расстояние между ними 90°), а именно так стараются сделать, добиваясь полного охвата струями топлива КС. Как видно (см. рис. 4), струи топли-

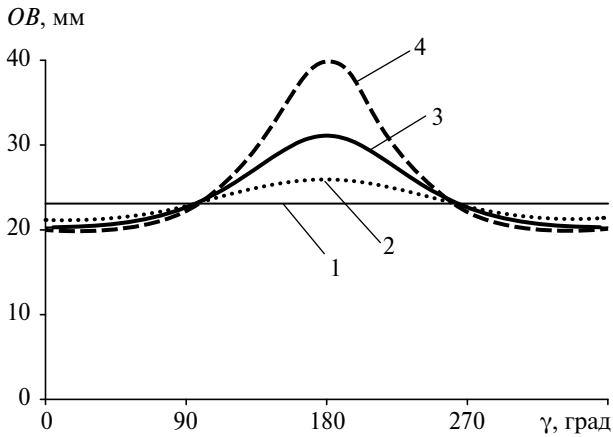


Рис. 4. Зависимость длины струи топлива в зависимости от угла отклонения струи топлива от оси форсунки в плоскости, перпендикулярной оси форсунки $OB = f(\gamma)$, при $\alpha = 60^\circ$, и при различных углах наклона оси форсунки ψ в плоскости параллельной оси X , и при центральном расположении форсунки. Радиус КС $R = 20$ мм: 1 — $\psi = 0^\circ$; 2 — $\psi = 10^\circ$; 3 — $\psi = 20^\circ$; 4 — $\psi = 30^\circ$

ва имеют разные значения: $OB_1 = OB_4 = 20,72$ мм; $OB_2 = OB_3 = 27,26$ мм. Средний путь прохождения топлива при размещении первой струи топлива при угле $\gamma = 45^\circ$ будет составлять $l_{cp} = 23,99$ мм. А разница длин наибольшей и наименьшей струи топлива $l_{\Delta 45^\circ} = 6,54$ мм. Если смещать струи топлива, не нарушая равномерного распределения струй топлива по объему КС, то это приведет к уменьшению длины 3-й и 4-й струй и увеличению 1-й и 2-й.

Теперь сместим все струи топлива на 35° и посмотрим, как изменятся длины струй топлива. Теперь струи топлива будут распространяться при углах $\gamma = 80, 170, 260$ и 350° соответственно. Средняя длина струи при расположении первой струи топлива при угле $\gamma = 80^\circ$ $l_{cp} = 24,16$ мм. Если средняя длина струи топлива несильно изменилась, то раз-

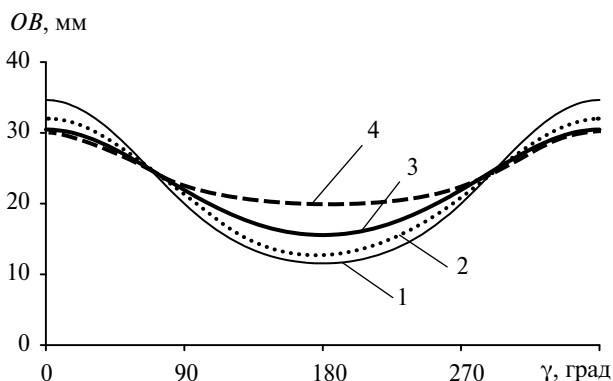


Рис. 5. Зависимость длины струи топлива в зависимости от угла отклонения струи топлива от оси форсунки в плоскости, перпендикулярной оси форсунки $OB = f(\gamma)$, при $\alpha = 60^\circ$, и при различных углах наклона оси форсунки ψ в плоскости, параллельной оси X , и при смещении форсунки по оси X на $0,5R = 10$ мм. Радиус КС $R = 20$ мм: 1 — $\psi = 0^\circ$; 2 — $\psi = 10^\circ$; 3 — $\psi = 20^\circ$; 4 — $\psi = 30^\circ$

ница длин наибольшей и наименьшей струи топлива будет больше. Разница длин во втором случае $l_{\Delta 80^\circ} = 10,53$ мм. Очевидно, что равномерное распределение струй топлива по КС при одинаковом угле отклонения от оси форсунки α не должна быть одинаковой для всех струй топлива. Или при одинаковом угле α для всех струй топлива форсунка должна быть расположена без наклона.

Случай 2, когда форсунка будет смещена по оси X и наклон форсунки в плоскости, параллельной оси X (рис. 5).

Средний путь прохождения топлива при размещении первой струи топлива при угле $\gamma = 45^\circ$ будет составлять $l_{cp} = 22,45$ мм, а разница длин наибольшей и наименьшей струй топлива $l_{\Delta 45^\circ} = 10,36$ мм. При смещении всех струй топлива на 35° и расположение первой струи топлива при $\gamma = 80^\circ$, при этом среднее расстояние, пройденное топливом от носка распылителя до стенки КС, $l_{cp} = 22,47$ мм, а разница длин наибольшей и наименьшей струй топлива $l_{\Delta 80^\circ} = 14,67$ мм. Сравнивая рис. 4 и рис. 5 видно, что наиболее равномерное распределение длин струй топлива будет при центральном расположении форсунки.

Случай 3, когда форсунка будет смещена по оси Y и наклон форсунки в плоскости, параллельной оси X (рис. 6).

Средний путь прохождения топлива при размещении первой струи топлива при угле $\gamma = 45^\circ$ $l_{cp} = 24,9$ мм, а разница длин наибольшей и наименьшей струй топлива $l_{\Delta 45^\circ} = 22,64$ мм. При смещении струй топлива на 35° и расположении первой струи топлива при угле $\gamma = 80^\circ$ $l_{cp} = 22,27$ мм, а разница длин наибольшей и наименьшей струй топлива $l_{\Delta 80^\circ} = 23,79$ мм. При смещении струй топлива на 35° в другую сторону и расположении первой струи топлива при угле $\gamma = 10^\circ$, то $l_{cp} = 22,6$ мм,

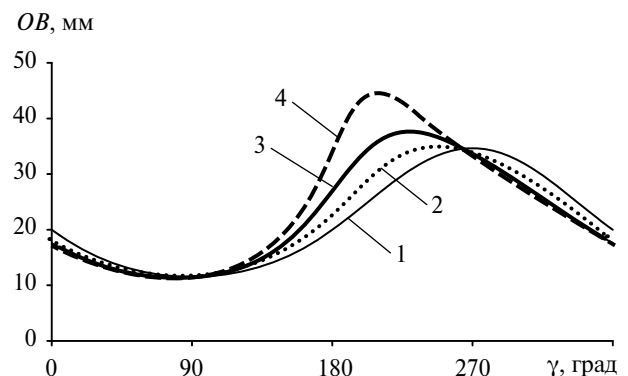


Рис. 6. Зависимость длины струи топлива в зависимости от угла отклонения струи топлива от оси форсунки в плоскости, перпендикулярной оси форсунки $OB = f(\gamma)$, при $\alpha = 60^\circ$, и при различных углах наклона оси форсунки ψ в плоскости параллельной оси X , и при смещении форсунки по оси Y на $0,5R = 10$ мм. Радиус КС $R = 20$ мм: 1 — $\psi = 0^\circ$; 2 — $\psi = 10^\circ$; 3 — $\psi = 20^\circ$; 4 — $\psi = 30^\circ$

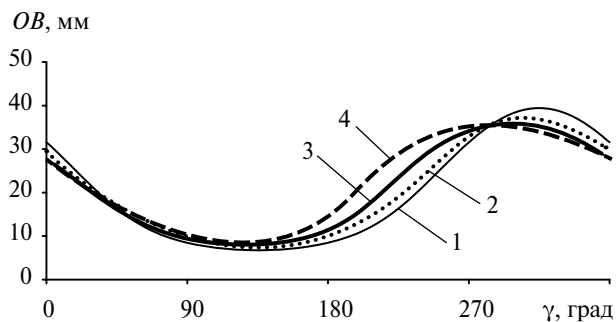


Рис. 7. Зависимость длины струи топлива в зависимости от угла отклонения струи топлива от оси форсунки в плоскости, перпендикулярной оси форсунки $OB = f(\gamma)$, при $\alpha = 60^\circ$, и при различных углах наклона оси форсунки ψ в плоскости параллельной оси X , и при смещении форсунки по оси X на $0,5R = 10$ мм, и по оси Y на $0,5R = 10$ мм. Радиус КС $R = 20$ мм:
 1 — $\psi = 0^\circ$; 2 — $\psi = 10^\circ$; 3 — $\psi = 20^\circ$; 4 — $\psi = 30^\circ$

а разница длин наибольшей и наименьшей струй топлива $l_{\Delta 10^\circ} = 20,31$ мм. Смещение по оси Y было такое же, как и по оси X (плоскость наклона оси форсунки). Очевидно, что смещение не в плоскости наклона оси форсунки приводит к большей разнице расстояний, которое будет проходить топливо из разных сопловых отверстий, пока долетит до стенки КС. Если есть возможность при конструировании задать смещение форсунки в той же плоскости, в которой она и будет наклонена, то лучше пойти таким путем.

Случай 4, когда форсунка будет смещена по оси X и по оси Y , наклон форсунки в плоскости, параллельной оси X (рис. 7).

Средний путь прохождения топлива при размещении первой струи топлива при угле $\gamma = 45^\circ$ $l_{cp} = 20,75$ мм, а разница длин наибольшей и наименьшей струй топлива $l_{\Delta 45^\circ} = 27,06$ мм. При смещении всех струй топлива и размещении пер-

вой струи топлива при угле $\gamma = 80^\circ$ $l_{cp} = 20,78$ мм, а разница длин наибольшей и наименьшей струй топлива $l_{\Delta 80^\circ} = 22,57$ мм. При смещении в другую сторону и при расположении первой струи топлива при угле $\gamma = 10^\circ$ $l_{cp} = 20,32$ мм, а разница длин наибольшей и наименьшей струи топлива $l_{\Delta 10^\circ} = 25,38$ мм.

Анализируя последние три рисунка, можно сделать вывод, что смещение форсунки не в ее плоскости наклона приводит к увеличению расстояний от соплового отверстия до стенок КС. Угол наклона струй топлива может являться инструментом для снижения неравномерного распространения струй топлива по КС. Чтобы можно было сравнивать различные положения струй в КС дизелей разных моделей, желательно разработать критерий оценки неравномерности, который показывал бы насколько равномерно струи топлива достигают стенки КС за период индукции.

Из полученных расчетов для КС цилиндрической формы можно сделать следующие выводы:

- 1) расстояние от носка распылителя до стенки КС зависит от угла наклона струи, угла наклона форсунки и положения носка распылителя относительно КС;
- 2) для форсунки, расположенной под углом к оси КС и не по центру, для различных струй расстояние до стенки КС будет различно;
- 3) различие в расстоянии до стенки КС приводит к разным условиям смесеобразования и сгорания топлива этих струй и усложняет процесс оптимизации смесеобразования.

Список литературы

1. Файнлейб, Б.Н. Исследование оптимальных условий развития факела в быстроходном дизеле при различных камерах сгорания / Б.Н. Файнлейб, В.И. Бараев // Труды ЦНИТА. — С-Пб, 1973. — № 56. — С. 5–8.

УДК 621.431.7:63

Р.Х. Юсупов, доктор техн. наук

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ДИНАМИЧЕСКУЮ НАГРУЖЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ МТУ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Вероятностно-статистический характер внешних воздействий, обусловленных многочисленными и разнообразными динамическими факторами, — существенная особенность функционирования транспортных средств. Одной из причин ухудшения производительности мобильных агрегатов является снижение коэффициента использования

установленной мощности двигателя внутреннего сгорания (ДВС) вследствие непрерывного колебания момента сопротивления на коленчатом валу.

Коэффициент использования мощности ДВС в определенной степени зависит от динамических характеристик как двигателя, так и трансмиссии мобильной машины. Для обеспечения рациональ-