

Ч. Б. Дробышевский, В. З. Зубер

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛОВОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СОПЛОВЫХ ОТВЕРСТИЙ МНОГОДУБРАСЫЛИТЕЛЕЙ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ С КАМЕРОЙ СГОРАНИЯ В ПОРШНЕ

Одним из важных вопросов при доводке рабочего процесса быстрого дизеля с камерой сгорания в поршне является обеспечение оптимального расположения сопловых отверстий распылителя форсунки, определяющего углы и точки встречи осей топливных струй со стенками камеры сгорания.

Для камеры сгорания типа ЦНИДИ, например, топливные струи рекомендуется направлять непосредственно под кромку горловины (рис. 1). В этом случае обеспечивается подача части наиболее мелко распыленного топлива, так называемой запальной порции, в зону наибольших температур и скоростей воздуха, где создаются благоприятные условия для воспламенения [2, 4, 5]. Более раннее воспламенение запальной порции топлива ускоряет процесс испарения топливной пленки с поверхности камеры и тем самым сокращает период задержки воспламенения основной порции впрыснутого топлива. При этом обеспечивается низкий индикаторный расход топлива при допустимых значениях скорости нарастания давления  $\left(\frac{\Delta p}{\Delta \alpha} \leq 7,5 \text{ кг/см}^2 \text{град}\right)$  и максимального давления сгорания  $(P_z \leq 75 \text{ кг/см}^2)$ .

В процессе экспериментальной доводки рабочего процесса двигателя после опытного подбора обеспечивающих оптимальные индикаторные показатели установочного угла опережения впрыска, количества и диаметра сопловых отверстий распылителя, положения форсунки в головке цилиндров по высоте и положения камеры сгорания относительно оси поршня возникает необходимость экспериментально или аналитически уточнить углы расположения сопловых отверстий распылителя форсунки.

В данной статье излагается методика аналитического определения этих углов с учетом реальных процессов, протекающих на работающем двигателе, в применении к тракторному дизелю Д-60 с камерой сгорания в поршне типа ЦНИДИ.

Двигатель Д-60 характеризуется следующими показателями: мощность  $60^{+5}$  л. с.; число оборотов 1800 об/мин; диаметр цилиндр

110 мм; ход поршня 125 мм; степень сжатия 16; длина шатуна 230 мм; удельный расход топлива 185 г/э. л. с.-ч; установочный угол опережения подачи топлива (по мениску)  $21^\circ$  поворота коленчатого вала до верхней мертвой точки (ВМТ); количество сопловых отверстий распылителя 4; диаметр сопловых отверстий 0,3 мм; утопание носка распылителя относительно нижней плоскости головки цилиндров 1,2 мм; расположение камеры сгорания центральное.

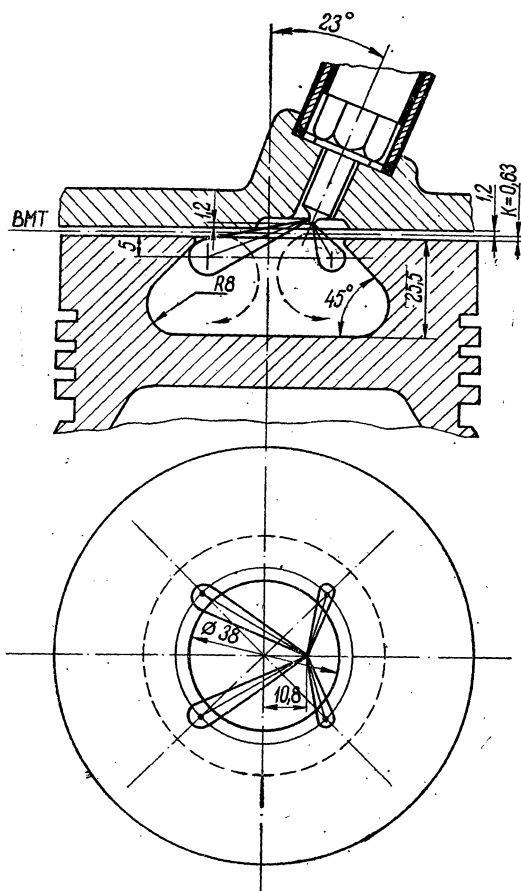


Рис. 1. Схема расположения топливных струй.

При угле конуса струи  $12-16^\circ$  [1] периферийная зона струи, состоящая из наиболее мелко распыленного топлива, попадает в зону кромки горловины камеры в том случае, если точки встречи осей струй со стенкой камеры сгорания находятся на расстоянии 5—7 мм от дна поршня (см. рис. 1). По окружности камеры струи расположены равномерно. Как указывалось ранее, положение форсунки в гловке цилиндров и камеры сгорания относительно оси поршня, а также количество топливных струй определено

опытным путем из условия обеспечения оптимальных индикаторных показателей двигателя. Следовательно, углы, определяющие расположение осей топливных струй, зависят только от положения поршня относительно ВМТ в момент встречи струй со стенкой камеры. Положение поршня относительно ВМТ в момент начала подачи топлива секующей топливного насоса задается установочным углом опережения впрыска  $\theta$ .

Действительный момент встречи струи со стенкой камеры задерживает относительно момента начала подачи на величину  $\theta_{\text{зап}}$ ,

которая состоит из времени, необходимого на прогон волны давления от плунжера насоса до распылителя  $\Theta_{зап1}$ , времени, затраченного на дополнительный ход плунжера топливного насоса, компенсирующий утечку топлива через зазоры в прецизионных парах насоса и форсунки, сжимаемость топлива и расширение топливопроводов высокого давления  $\Theta_{зап2}$ , а также времени, необходимого для прохождения струй от распылителя до стенки камеры  $\Theta_{зап3}$ . Явление дросселирования топлива во впускном окне плунжерной пары насоса сокращает время задержки  $\Theta_{зап}$  на величину  $\Theta_{др}$ .

$$\Theta_{зап} = \Theta_{зап1} + \Theta_{зап2} + \Theta_{зап3} - \Theta_{др}.$$

Величина углового запаздывания  $(\Theta_{зап1} + \Theta_{зап2} - \Theta_{др})$  может быть определена по осциллограмме топливоподачи, снятой на работающем двигателе.

Для номинального режима работы двигателя подъем иглы форсунки начинается при угле поворота коленчатого вала, равном  $10^\circ$ , до ВМТ (рис. 2). Следовательно,  $\Theta_{зап1} + \Theta_{зап2} - \Theta_{др} = 11^\circ$  п.к.в.

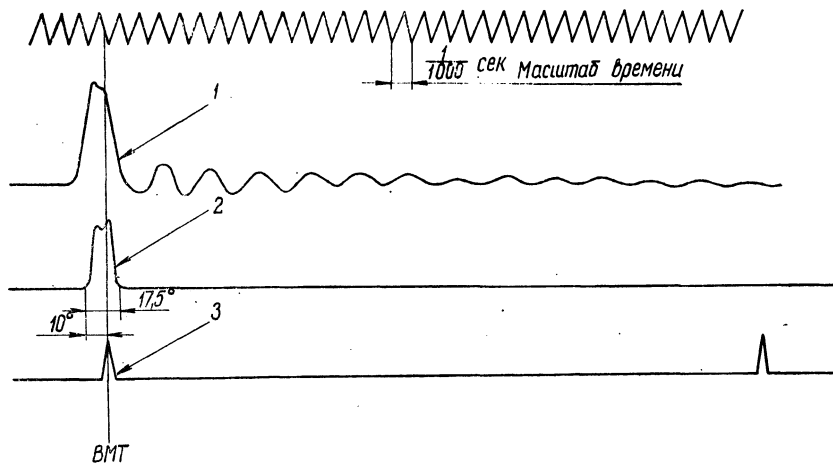


Рис. 2. Осциллограмма топливоподачи при числе оборотов насоса 900 об/мин и цикловой подаче 0,0535 Г/цикл:

1 — давление перед форсункой; 2 — подъем иглы форсунки; 3 — угловые отметки.

Время, необходимое для перемещения вершины топливной струи от распылителя до стенки камеры сгорания, определяется для ориентировочно известной длины струи  $X=30$  мм по формуле А. С. Лышевского [3]:

$$X = \sqrt{\frac{d_{сшс. max} t}{\sqrt{2} \cdot a_u}},$$

где  $X$  — длина вершины струи, мм;  $d_c$  — диаметр сопловых отверстий, мм;  $u_{c.\max}$  — максимальная скорость истечения топлива из соплового отверстия распылителя, м/сек;  $t$  — время перемещения, сек;  $a_u$  — безразмерный коэффициент.

В соответствии с приведенной формулой время перемещения вершины струи от распылителя до стенки камеры для конкретных условий  $t=0,00024$  сек. Угловое запаздывание  $\Theta_{\text{запз}} = 6 \cdot nt = 6 \times \times 1800 \cdot 0,00024 = 2,6^\circ$ . Далее в расчете принята округленная величина  $\Theta_{\text{запз}} = 3^\circ$ .

Действительный угол поворота кривошипа, соответствующий моменту встречи струй со стенками камеры сгорания,

$$\Theta_d = \Theta - \Theta_{\text{зап}} = \Theta - (\Theta_{\text{зап1}} + \Theta_{\text{зап2}} - \Theta_{\text{др}}) - \Theta_{\text{запз}} = 21^\circ - 11^\circ - 3^\circ = 7^\circ \text{ п. к. в. до ВМТ.}$$

В этом положении кривошипа расстояние от верхнего торца поршня до ВМТ равно:

$$K = R \left[ \left( 1 + \frac{\lambda}{4} \right) - \left( \cos \Theta_d + \frac{\lambda}{4} \cos 2\Theta_d \right) \right] = 62,5 \left[ \left( 1 + \frac{0,272}{4} \right) - \left( \cos 7^\circ + \frac{0,272}{4} \cos 14^\circ \right) \right] = 0,63 \text{ мм.}$$

На рис. 3 представлено графическое определение действительных углов, задающих положение сопловых отверстий распылителя относительно его осей в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

По двум проекциям  $O-1$  и  $O'-A'$  определяется действительная длина длинной струи  $L_d$ . Аналогично по проекциям  $O-2$  и  $O'-A'$  находится длина короткой струи  $L_k$ . Через точки  $1'$  и  $2'$  проводятся плоскости  $I-I$  и  $II-II$  перпендикулярно к оси форсунки, являющиеся основаниями конусов, очерченных вокруг оси форсунки образующими, имеющими длину соответственно  $L_d$  и  $L_k$ . Образующие  $L_d$  и  $L_k$  составляют в плоскости чертежа с осью форсунки искомые углы наклона сопловых отверстий  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

В плоскости, перпендикулярной к оси форсунки, действительные углы определяются следующим образом. Находятся проекции  $O-1в$  и  $O-2в$  струй в плоскости, перпендикулярной к оси условно повернутой в вертикальное положение форсунки, для чего точки  $1'$  и  $2'$  проектируются на плоскость  $III-III$  (точки  $1'a$  и  $2'a$ ). Затем эта плоскость поворачивается до совмещения с горизонтальной плоскостью  $IV-IV$  (точки  $1'в$  и  $2'в$ ). Полученные проекции  $O-1в$  и  $O-2в$  образуют с осью  $X$  искомые углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ . Из треугольников, полученных при построении, найденные углы можно проверить с помощью несложных геометрических расчетов.

В табл. 1 приведены значения исходных и скорректированных по изложенной методике углов, определяющих расположение сопловых отверстий распылителя (рис. 4).

Таблица 1

Углы	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\beta_1$	$\beta_2$
Исходные значения	50	65	39	70
Скорректированные значения	52	68	39	58

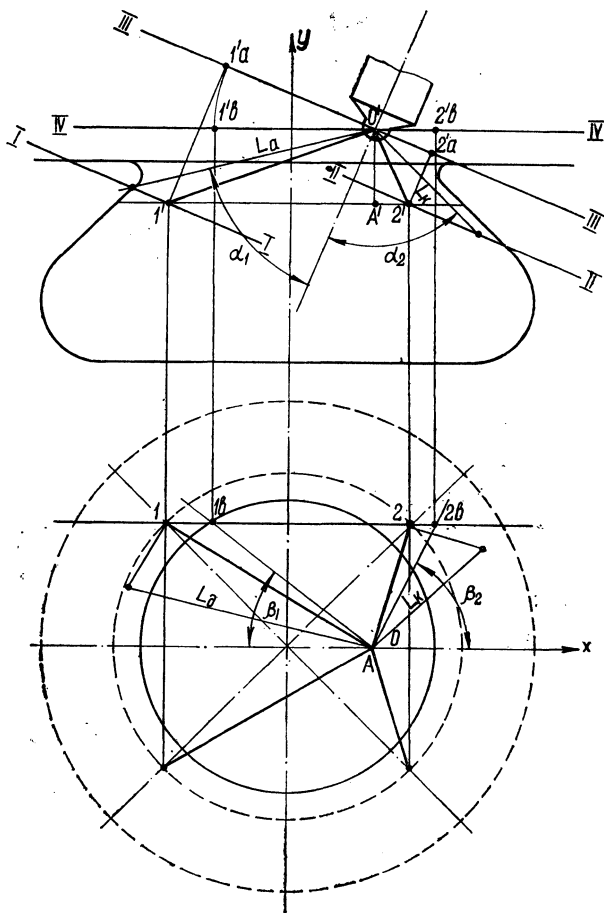


Рис. 3. Графическое определение углов расположения топливных струй.

Проверка эффективности скорректированных углов расположения сопловых отверстий была произведена на развернутом двигателе Д-60 путем снятия нагрузочных характеристик. При этом оказалось, что при работе с распылителями, имеющими уточненные углы, удельный расход топлива снижается в зоне номинальной

мощности на 3—4 Г/э.л.с.-ч. Температура выхлопных газов  $t_r$  при этом снижается на 15—20° (рис. 5).

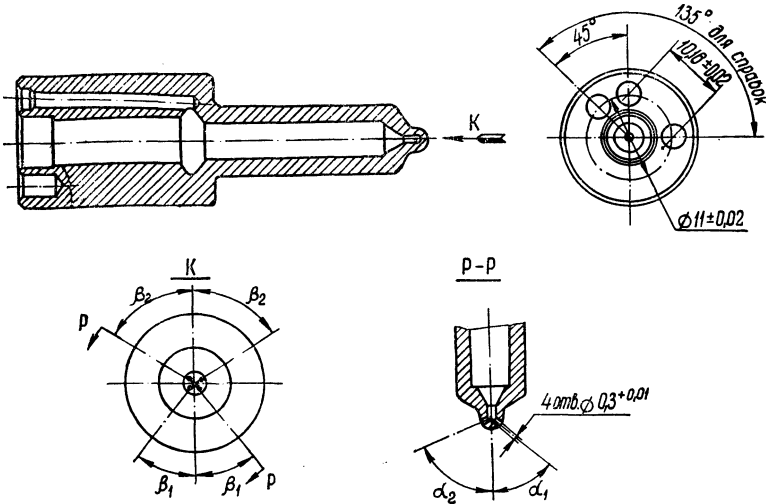


Рис. 4. Ориентация сопловых отверстий в корпусе распылителя.

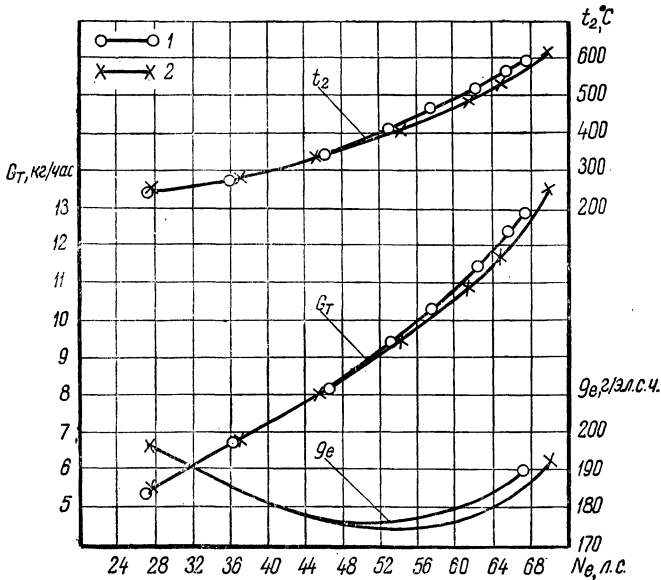


Рис. 5. Нагрузочные характеристики двигателя при числе оборотов двигателя 1800 об/мин:

1 — исходные углы; 2 — уточненные.

### Выводы

1. При доводке рабочего процесса дизелей с камерой сгорания в поршне существенное значение имеет оптимальное расположение сопловых отверстий распылителя форсунки.

2. Изложенный метод позволяет графо-аналитическим способом подобрать расположение сопловых отверстий, близкое к оптимальному, и уменьшить объем экспериментальных работ, связанных с доводкой рабочего процесса.

### Л и т е р а т у р а

1. Балакин В. И., Еремеев А. Ф., Семенов Б. Н. Топливная аппаратура быстроходных дизелей. Л., 1965.
2. Гершман И. И. Смесеобразование и сгорание в дизеле при испарении топлива с поверхности камеры сгорания. Тр. НАМИ, вып. 1, 1959.
3. Лышевский А. С. Процессы распыливания топлива дизельными форсунками. М., 1963.
4. Сгорание и смесеобразование в дизелях. М., 1960.
5. Соколов В. С. Исследование влияния конструктивных параметров камеры ЦНИДИ на показатели рабочего процесса транспортного дизеля. Автореферат. Л., 1960.