

Полученные сведения дают возможность выбрать для каждого из этапов планомерного наращивания мощности двигателей свои, наиболее целесообразные средства, позволяющие исключить растрескивание поршней в эксплуатации. Для двигателя Д-240 эффективной мерой, обеспечивающей достаточную надежность поршней в пределах заданного моторесурса, является применение камеры сгорания усовершенствованной конструкции (камера У).

Л и т е р а т у р а

1. Рожанский В.А. и др. Влияние параметров камеры сгорания на показатели рабочего цикла дизеля Д-240. - "Тракторы и сельхозмашины", 1974, №9.
2. Прочность и деформация в неравномерных температурных полях. Сб. науч. работ МУФИ под ред. д-ра техн. наук, проф. Я.Б. Фридмана. М., 1962.
3. Rohrlé Manfred. Rißneigung von Leichtmetall Kolben-Legierungen durch periodische Wärmebeanspruchung. - "MTZ", 1969, N9, N12.
4. Schumann H., Reiland K. Termische Werkstoffermüdung als Rißursache bei Leichtmetallkolben von Großdieselmotoren. - "Schiffbautechnik", 1964, N3.

Д.М. Пинский, Г.М. Кухаренок, В.А. Рожанский

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСПОЛОЖЕНИЯ СОПЛОВЫХ ОТВЕРСТИЙ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ С КАМЕРОЙ СГОРАНИЯ В ПОРШНЕ

Показатели рабочего цикла дизелей с камерой сгорания в поршне зависят от геометрических параметров факела топлива: длины, угла и места встречи топливных струй со стенками камеры сгорания. Эти параметры определяются расположением сопловых отверстий распылителя форсунки.

При доводке рабочего процесса дизелей в ряде случаев необходимо спроектировать опытные распылители, обеспечивающие различные длины топливных струй, угол и место встречи со стенкой камеры сгорания.

Решение таких задач графическим методом при наклонном и смещенном относительно осей камеры сгорания расположении форсунки затруднено и связано с рядом допущений [1]. Поэтому была разработана методика расчета расположения со-

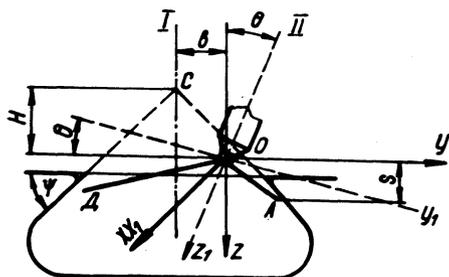
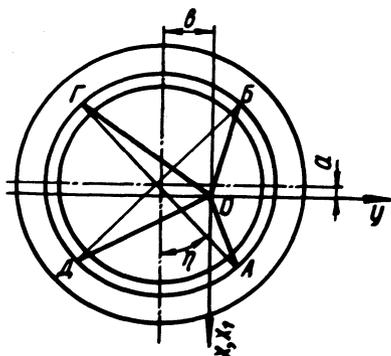


Рис. 1. Схема взаимного расположения камеры сгорания, распылителя и осей топливных струй (А, Б, Г, Д):

I — ось камеры сгорания;
II — ось форсунки.



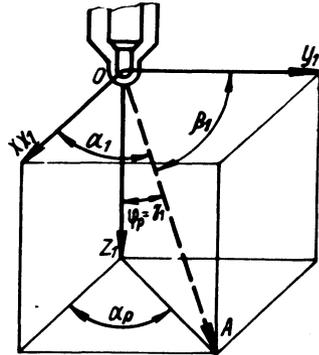
пловых отверстий распылителя форсунки дизеля. Задача решена применительно к камере в поршне, имеющей коническую боковую поверхность (камера ЦНИДИ), для случая наклонного и смещенного относительно оси камеры сгорания расположения форсунки. Причем ось форсунки не совпадает с плоскостью, проходящей через ось камеры сгорания. В работе [2] задача решена для случая, когда ось распылителя и ось камеры сгорания лежат в одной плоскости. Для сферической камеры сгорания задача решена в работе [3].

Схема взаимного расположения камеры сгорания, распылителя и осей топливных струй приведена на рис. 1.

Начало координат взято в точке $O (0, 0, 0)$ пересечения осей распыливающих отверстий распылителя. Ось X направлена вдоль продольной оси двигателя, ось Y перпендикулярна к ней и лежит в одной плоскости с осью распылителя, вертикальная ось Z — параллельна оси цилиндра.

Исходными данными для расчета служат: угол наклона боковой поверхности камеры сгорания ψ , угол наклона оси распылителя к оси камеры сгорания θ , утопание носка

Рис. 2. Углы расположения осей сопловых отверстий.



распылителя относительно плоскости головки цилиндра S_y , надпоршневой зазор прогретого двигателя δ , действительный угол опережения впрыска топлива φ_2 , смещение носка распылителя по осям X и Y (соответственно a и b).

Задача решена для двух случаев.

Первый случай – определение геометрических параметров факела топлива по заданному расположению осей сопловых отверстий распылителя.

Оно определяется углами φ_p между осями сопловых отверстий и распылителя и α_p между их проекциями на горизонтальную плоскость (рис. 2).

Решение находится как точка пересечения оси факела, представляющей собой прямую с началом в точке O , с боковой конической поверхностью камеры сгорания.

Представляя ось факела как вектор длиной l с направляющими косинусами $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$, можно представить координаты точки встречи A оси факела со стенкой камеры сгорания как

$$x_A = l \cos\alpha; \quad y_A = l \cos\beta; \quad z_A = l \cos\gamma. \quad (1)$$

Выразим направляющие косинусы через известные углы оси соплового отверстия φ_p и α_p . Для этого вначале определим направляющие косинусы $\cos\alpha_1$, $\cos\beta_1$, $\cos\gamma_1$ оси соплового отверстия в системе координат X_1, Y_1, Z_1 распылителя с началом в точке O . Ось X_1 параллельна продольной оси двигателя и совпадает с осью X , ось Y_1 перпендикулярна к ней, но наклонена по отношению к оси Y на угол θ ,

ось Z_1 совпадает с осью распылителя и наклонена к оси Z на угол θ (рис. 2).

$$\begin{aligned}\cos \alpha_1 &= \frac{\text{пр}_{X_1} \bar{1}}{1} = \sin \varphi_p \cos \alpha_p ; \\ \cos \beta_1 &= \frac{\text{пр}_Y \bar{1}}{1} = \sin \varphi_p \sin \alpha_p ; \\ \cos \gamma_1 &= \cos \varphi_p ,\end{aligned}\quad (2)$$

где $\text{пр}_{X_1} \bar{1}$ и $\text{пр}_Y \bar{1}$ - соответственно проекции вектора $\bar{1}$ на координатные оси X_1 и Y_1 .

Повернем оси Y_1 и Z_1 вокруг оси X_1 (X) на угол θ до совпадения с осями Y и Z (рис. 1), тогда:

$$\begin{aligned}\cos \alpha &= \cos \alpha_1 = \sin \varphi_p \cos \alpha_p ; \\ \cos \beta &= \cos \widehat{1Y} = \cos \widehat{1Y}_1 \cdot \cos \widehat{Y_1Y} + \cos \widehat{1Z}_1 \cdot \cos \widehat{Z_1Z} = \\ &= \cos \beta_1 \cdot \cos \theta + \cos \gamma_1 \cdot \cos (90 + \theta).\end{aligned}\quad (3)$$

Подставляя вместо $\cos \beta_1$ и $\cos \gamma_1$ их значения из выражения (2) и учитывая, что $\cos (90 + \theta) = -\sin \theta$, получим

$$\cos \beta = \sin \varphi_p \cdot \sin \alpha_p \cos \theta - \cos \varphi_p \cdot \sin \theta. \quad (4)$$

Аналогично определяем

$$\cos \gamma = \cos \widehat{1Z} = \sin \varphi_p \sin \alpha_p \sin \theta + \cos \varphi_p \cdot \cos \theta. \quad (5)$$

Составим уравнение конической поверхности в системе координат X, Y, Z . В соответствии с рис. 1 координаты вершины конуса

$$x_c = -a; y_c = -b; z_c = -H.$$

H - аппликата вершины конуса, определяемая по выражению

$$H = \left[R_{\Gamma} + r_k \left(1 - \operatorname{ctg} \frac{\psi}{2} \right) \right] \operatorname{tg} \psi - S_d, \quad (6)$$

где R_{Γ} и r_k - соответственно радиусы горловины и кромки камеры сгорания; S_d - расстояние от начала координат до днища поршня в момент встречи.

Расстояние S_d зависит от действительного угла начала подачи топлива, времени полета вершины топливного факела, надпоршневого зазора, утопания носка распылителя

$$S_d = S_y + \delta + S_{\Pi}, \quad (7)$$

где S_{Π} - положение днища поршня относительно в.м.т., определяемое по величине угла поворота коленчатого вала φ , соответствующего моменту встречи вершины топливного факела со стенкой камеры сгорания

$$\varphi = \varphi_{\partial} - \varphi_{\text{п.ф}}, \quad (8)$$

где φ_{∂} - действительный угол начала подачи топлива, определяемый либо по индикаторной диаграмме, либо расчетным путем; $\varphi_{\text{п.ф}}$ - угол, на который повернется коленчатый вал за время полета вершины топливного факела до момента встречи со стенкой камеры сгорания.

Этот угол определяется по выражению

$$\varphi_{\text{п.ф}} = 6 n t, \quad (9)$$

где n - число оборотов коленчатого вала двигателя; t - время полета вершины топливного факела, которое можно определить из выражения (10), задаваясь ориентировочно длиной струи l [4]:

$$l = \left(t v_o \frac{d_c}{\operatorname{tg} \alpha_2} \right)^{0,5} \left(\mu \frac{\rho_{\Gamma}}{\rho_B} \right)^{0,25}, \quad (10)$$

где v_o - скорость истечения топлива; d_c - диаметр соплового отверстия; α_2 - угол конуса топливного факела; μ - коэффициент истечения; ρ_T и ρ_B - плотности топлива и воздуха.

Запишем уравнение направляющей конуса

$$\frac{(x+a)^2}{r^2} + \frac{(y+b)^2}{r^2} = 1 \quad \text{и} \quad z = S, \quad (11)$$

где r - радиус окружности в сечении конуса плоскостью, проходящей на расстоянии S от начала координат через точку A встречи оси топливного факела со стенкой камеры сгорания.

Уравнение образующей конуса имеет вид

$$\frac{x+a}{x_A+a} = \frac{y+b}{y_A+b} = \frac{z+H}{z_A+H}. \quad (12)$$

Уравнение (12) можно представить в виде

$$\frac{x+a}{x_A+a} = \frac{z+H}{z_A+H} \quad \text{и} \quad \frac{y+b}{y_A+b} = \frac{z+H}{z_A+H}. \quad (13)$$

Из этих уравнений находим

$$x+a = (x_A+a) \frac{z+H}{z_A+H} \quad \text{и} \quad y+b = (y_A+b) \frac{z+H}{z_A+H}. \quad (14)$$

Подставим выражение (14) и $z=S$ в уравнение направляющей (11) и, произведя несложные преобразования, получим

$$(x_A+a)^2 + (y_A+b)^2 = \left(\frac{r}{S+H}\right)^2 (z_A+H)^2. \quad (15)$$

Учитывая, что $\frac{r}{S+H} = \text{ctg } \psi$ - есть котангенс угла наклона

на боковой поверхности камеры сгорания, окончательно получим уравнение конуса

$$(x_A + a)^2 + (y_A + b)^2 - \operatorname{ctg}^2 \psi (z_A + H)^2 = 0. \quad (16)$$

Решая совместно уравнения (1) и (16), определяем место встречи оси топливного факела со стенкой камеры сгорания. Для этого в выражение (16) подставим значения x_A , y_A и z_A , взятые из выражения (1), получим

$$(1 \cos \alpha + a)^2 + (1 \cos \beta + b)^2 - \operatorname{ctg}^2 \psi (1 \cos \gamma + H)^2 = 0.$$

Раскроем скобки и сгруппируем подобные члены

$$(\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta - \operatorname{ctg}^2 \psi \cos^2 \gamma) l^2 + 2(a \cos \alpha + b \cos \beta - H \operatorname{ctg}^2 \psi \cos \gamma) l + (a^2 + b^2 - H^2 \operatorname{ctg}^2 \psi) = 0.$$

Соответственно обозначая выражения, стоящие в скобках, через M , N и P , получим квадратное уравнение

$$M l^2 + 2N l + P = 0. \quad (17)$$

Решая его, определим длину оси факела в момент встречи.

Тогда координаты искомой точки равны

$$x_A = \sin \varphi_p \cdot \cos \alpha_p \cdot l; \quad (18)$$

$$y_A = (\sin \varphi_p \sin \alpha_p \cos \theta - \cos \varphi_p \sin \theta) l; \quad (19)$$

$$z_A = (\sin \varphi_p \sin \alpha_p \sin \theta + \cos \varphi_p \cos \theta) l. \quad (20)$$

Угол встречи оси топливного факела со стенкой камеры сгорания α_B определяется как

$$\alpha_B = \frac{\pi}{2} - \alpha_C, \quad (21)$$

Определим координаты точки встречи А (рис. 1)

$$\begin{aligned}x_A &= R \cos \eta - a; \\y_A &= R \sin \eta - b; \\z_A &= S.\end{aligned}\tag{26}$$

Зная координаты точки А, находим длину струи

$$l = \sqrt{x_A^2 + y_A^2 + z_A^2}.\tag{27}$$

Определим координаты точки А (x_{1A}, y_{1A}, z_{1A}) в системе координат распылителя (X_1, Y_1, Z_1) $x_{1A} = x_A$.

Для определения координат y_{1A} и z_{1A} воспользуемся формулами поворота осей вокруг оси X:

$$\begin{aligned}y_{1A} &= y_A \cos \theta + z_A \sin \theta; \\z_{1A} &= -y_A \sin \theta + z_A \cos \theta.\end{aligned}$$

Найдем угол между осью соплового отверстия и осью распылителя в вертикальной плоскости

$$\cos \varphi_p = \frac{z_{1A}}{l}; \quad \varphi_p = \arccos \frac{z_{1A}}{l}.\tag{28}$$

Для определения угла распыливающего отверстия в горизонтальной плоскости вначале надо найти косинус угла α_1

$$\cos \alpha_1 = \frac{x_{1A}}{l}.$$

Используя равенство (2), определяем угол α_p

$$\cos \alpha_p = \frac{\cos \alpha_1}{\sin \varphi_p}; \quad \alpha_p = \arccos \frac{\cos \alpha_1}{\sin \varphi_p}.\tag{29}$$

Таким образом, предлагаемая методика позволяет определить:

- 1) параметры топливного факела по заданным углам сопловых отверстий распылителя;
- 2) расположение сопловых отверстий распылителя по заданному месту встречи струи топлива со стенкой камеры сгорания.

Л и т е р а т у р а

1. Дробышевский Ч.Б., Зубер В.З. К вопросу определения оптимального углового расположения сопловых отверстий многодырчатых распылителей форсунок дизелей с камерой сгорания в поршне. - В сб.: Автомобиле- и тракторостроение. Исследование автотракторных двигателей. Минск, 1971. 2. Копылов М.Л. К вопросу об определении положения сопловых отверстий распылителя дизельной форсунки. - В сб.: Двигатели внутреннего сгорания. Харьков, 1972, вып. 15. 3. Грудский Ю.Г. Выбор параметров топливного факела для дизеля с пленочным смесеобразованием и методика их расчета. - "Труды НАМИ", вып. 62. М., 1964. 4. Балакин В.И., Еремеев А.Ф., Семенов Б.Н. Топливная аппаратура быстроходных дизелей. Л., 1967.

Л.Я. Волчок, Г.Я. Якубенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПЫЛИТЕЛЯ ФОРСУНКИ ДИЗЕЛЯ

Мощностные и экономические показатели автотракторных многоцилиндровых дизелей зависят от идентичности работы отдельных форсунок, установленных на двигатель. Для оценки степени равноценности параметров распылителей форсунок снимают гидравлические характеристики форсунок, представляющие собой зависимость эффективного проходного сечения распылителя от величины подъема форсуночной иглы.

До настоящего времени как в отечественной, так и в зарубежной практике применяется способ определения гидравлической характеристики, основанный на измерении количества топлива, вытекающего в единицу времени через сопло при постоянном давлении. Существенным недостатком указанного способа является его низкая производительность. Объясняется это тем, что измерительная часть существующих стендов для снятия гидравлической характеристики распылителя, позволяющая определять расход топлива через распылитель при установлен-