УДК 621.43

Магистрант ФТМ Д.И.Самандаров,
науч. рук. О.О. Даминов, ТашГТУ

Исследование динамики механизма газораспределения с кулачками различного профиля в ДВС

Исследование влияния профиля кулачка в механизме газораспределения (МГР) двигателя внутреннего сгорания при одинаковых подъеме клапана и угле действия на время-сечение клапанной щели, максимальную нагрузку на элементы привода клапана, на характеристику пружинного узла, а также на уровень искажения закона движения за счет резонансных колебаний упругомассовой системы механизма газораспределения одинаковой компоновки.

Этапы работы включают:

1. Расчет геометрии профилей кулачков: трехрадиусного выпуклого, Курца, полидайн.

Все перечисленные кулачки имеют одинаковые значения: $h_{\text{тmax}}$ – максимального подъема толкателя; φ_0 – угла действия кулачка; φ_1 – угла поворота кулачка, соответствующего фазе положительных ускорений; r_0 – радиуса начальной окружности (радиуса «затылка» кулачка).

2. Расчет по известным зависимостям законов движения клапана при одном (заданном) скоростном режиме работы двигателя [1]

$$\left(\frac{1}{2}\omega = \frac{1}{2}\omega_н = \frac{\pi n_н}{60}\right).$$

3. Расчет параметра время-сечение клапанной щели при различных профилях кулачка:

$$A = \int_{t_н}^{t_к} f_{кл_{t_i}}\, dt\ ,$$

где $t_н$=0 – момент начала подъема клапана; $t_к = \dfrac{\varphi_{оп} + \varphi_{зап} + 180}{2\omega}$ – момент окончания подъема клапана; $\varphi_{оп}$, $\varphi_{зап}$ – соответственно углы опережения открытия и запаздывания закрытия клапана; $f_{кл_{t_i}}$ – подъем клапана, соответствующий моменту времени;

$$t_i = \varphi_i/\omega; \quad f_{кл_{t_i}} = \pi h_{кл_{t_i}}(d_m \cos\alpha_ф + h_{кл_{t_i}} \sin\alpha_ф \cos^2\alpha_ф);$$

$\alpha_ф$ – угол фаски клапана; φ_i – угол поворота кулачкового вала (текущие значения).

Приближенно по табличным значениям $f_{кл_{t_i}} \sim \varphi_i$ находим

$$A \approx \frac{\Delta\varphi}{\omega} \sum_{0}^{(\varphi_{оп}+\varphi_{зап}+180)/\Delta\varphi} f_{кл_{t_i}}\ .$$

Строится сравнительная таблица значений A для кулачков различного профиля.

4. Расчет амплитуды резонансных колебаний привода и связанных с ней амплитуд гармонических искажений закона движения клапана при трех различных профилях кулачков. Для этого:

а) рассчитывается при постоянном для всех выбранных профилей коэффициенте запаса $K_З$ максимальная упругая сила пружины $P_{пр_{max}} = K_з m_{кл\,пр} j_{кл_{min}}$ – минимальное ускорение клапана, соответствующее точке верхнего выстоя кулачка $\left(\varphi = \dfrac{\varphi_0}{2}\right)$;

б) определяются диаметр проволоки $d_{пр}$, диаметр пружины $D_{пр}$ и число ее витков i. Затем рассчитывается масса пружины:

$$m_{пр} = \pi D i \frac{\pi d_{пр}^2}{4} \rho_{пр},$$

где $\rho_{пр}$ – плотность материала пружины;

в) рассчитывается приведенная масса МГР:

$$m_{кл\,пр} = m_{кл} + \frac{1}{3} m_{пр} + \frac{J_{кор}}{i_к^2} + \frac{1}{3}\left[\frac{m_{шт}}{(i_к + C_{шт}/i_к C_{кор})^2}\right]$$

г) на основе полученного $m_{кл\ пр}$ уточняются $P_{пр\ max}$ (проводится повторный расчет) и новое значение $m_{пр}$;

д) определяется $m_{кл\ пр}$ при новом значении $m_{пр}$;

е) рассчитываются жесткости пружины и привода, а также частота собственных колебаний для кулачка каждого из исследуемых профилей:

$$C_{пр} = \frac{P_{пр_{max}} - P_0}{h_{кл_{max}}}, \quad C_{мгр} = \frac{C_{шт} C_{кор}}{i_к^2 C_{кор} + C_{шт}}, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{C_{пр} + C_{мгр}}{m_{кл.пр}}};$$

ж) определяется номер ближайшей к ω_0 резонирующей гармоники возбуждающего фактора:

$$k = \text{int}\,\frac{\omega_0}{0{,}5\omega};$$

з) рассчитывается амплитуда k-й гармоники возбуждающего фактора $F_{\omega=\omega_0}$:

$$A_к = \frac{2}{N} C_{мгр} i_к \sum_{i=0}^{M} h_m \cos k \frac{2\pi}{N} i; \quad B_к = \frac{2}{N} C_{мгр} i_к \sum_{b=0}^{N} h_m \sin k \frac{2\pi}{N} i, \quad F_{\omega=\omega_0} = \sqrt{A_к^2 + B_к^2}, \quad где\ N = \frac{t_к}{\Delta t};$$

и) определяется амплитуда смещения клапана за счет упругих колебаний:

$$\Delta_{упр} = \frac{F_{\omega=\omega_0}}{\xi \omega_0},$$

Величина ξ, по статическим данным, для механизмов с нижним расположением распределительного вала (м/с)

$$\xi = 0{,}107\, m_{кл.пр} \omega_0;$$

к) рассчитывается для каждого профиля кулачка средний квадрат отклонения закона движения за счет упругих колебаний:

$$\delta = \frac{\Delta_{упр}}{\sqrt{2\overline{h_{кл}^2}}} \cdot 100,$$

где $\overline{h_{кл}^2} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N}\left(h_{m_\varphi} i_к\right)^2}$.

Схема механизма и величины $m_{кл}, J_{кор}, i_к, l_к, m_{шт}, C_{шт}, C_{кор}$ задаются одинаковыми для всех исследуемых профилей.

Разработанная математическая модель исследования динамики механизма газораспределения с кулачками различного профиля позволяет рассматривать МГР как систему – единое целое и является основой для составления программного продукта по исследованию взаимосвязей исходных параметров на выходные параметры – показатели МГР.

Литература

1. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование: Учебник для вузов / В.Н.Луканин, И.В. Алексеев, М.Г.Шатров и др.; Под ред. В.Н.Луканина и М.Г.Шатрова – 3-е изд., перераб. и испр. – М.: Высшая школа, 2015. –400 с: ил.

МашТФ магистранти Д.И.Самандаров,
илмий раҳбар О.О.Даминов, ТошДТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ С КУЛАЧКАМИ РАЗЛИЧНОГО ПРОФИЛЯ

Student from faculty TM D.Samandarov,
The supervisor of studies O.Daminov, TSTU

RESEARCH OF DYNAMICS OF THE MECHANISM OF GAS-DISTRIBUTION WITH CAMS OF THE VARIOUS PROFILE

Муаллифлар ҳақида маълумот

Самандаров Достон Ишмухамад ўғли
Тошкент давлат техника университети
Машинасозлик технологиялари факультети
19М-16 ЭМ(ИМЭСЭТ) гуруҳ магистранти
2-шўъба «Механика ва машинасозлик технологиялари»
Самарқанд вилояти, Каттақўрғон тумани, Ингичка қўрғони, 26-уй
Тел: +998-97-709-40-16

Даминов Ойбек Олимович
Тошкент давлат техника университети
Машинасозлик технологиялари факультети
«Двигателлар» кафедраси катта ўқитувчиси
2-шўъба «Механика ва машинасозлик технологиялари»
Тошкент вилояти, Зангиота тумани, Байрам кўчаси, 4-уй
Тел: +99897-735-25-08