**Уравновешивание двигателей**

Во время работы двигателя на детали кривошипно-шатунного механизма действуют различные силы, изменяющиеся по численному значению и направлению. Одни из них полезны и обеспечивают работу двигателя, другие вредны и вызывают износ деталей.

К полезным относится сила давления газов в цилиндре двигателя при рабочем ходе, к вредным -- силы инерции движущихся деталей и силы трений, возникающие при движении трущихся пар.

При движении и вращении деталей кривошипно-шатунного механизма возникают инерционные силы поступательно движущихся масс и центробежные силы вращающихся масс. Эти силы передаются на остов двигателя и раму трактора или автомобиля. Периодическое изменение сил инерции вызывает вибрацию двигателя и машины в целом. Эти вибрации ослабляют резьбовые соединения деталей, дополнительно нагружают подшипники коленчатого вала и ускоряют их изнашивание.

Уравновешивание двигателя заключается в создании такой системы сил при установившемся режиме работы, в которой равнодействующие сил и моментов были бы постоянны по значению и направлению или равны нулю. Уравновешивание сил инерции достигается выбором определенного числа цилиндров, расположением колен вала и применением дополнительных движущихся масс -- противовесов. Эти способы обычно применяют совместно.

Двигатель называется уравновешенным, если во время установившегося режима работы на его опоры передаются постоянные по величине и направлению усилия.

У неуравновешенного двигателя давление на опоры непрерывно изменяется и вызывает вибрацию подмоторной рамы и автомобиля в целом, что сопровождается ослаблением болтовых соединений, перегрузкой отдельных деталей, увеличением их износа и другими нежелательными явлениями.

Первой причиной неуравновешенности поршневого двигателя является наличие периодически изменяющихся по величине и по знаку сил инерции возвратно поступательно движущихся масс Pi и неравномерно меняющих направление центробежных сил вращающихся массKr. В многоцилиндровом двигателе силы отдельных цилиндров частично уравновешиваются, но в совокупности могут вызвать появление неуравновешенных свободных сил инерции и моментов от них.

Второй причиной неуравновешенности двигателя является неравномерность суммарного крутящего момента. Суммарный крутящий момент является периодической функцией угла поворота коленчатого вала, поэтому возможно меньшее изменение реакций опор достигается увеличением числа цилиндров и соблюдением равенства интервалов между рабочими ходами, что обеспечивает большую равномерность суммарного крутящего момента.

Полностью уравновешенным поршневой двигатель быть не может, так как неизбежная неравномерность крутящего момента всегда вызывает периодическое изменение нагрузки па опоры. Поэтому, говоря об уравновешенности двигателя, обычно имеют в виду соблюдение допустимой степени неуравновешенности в результате предпринятых конструктивных или производственных мероприятий, способствующих устранению в той или иной мере причин, вызывающих неуравновешенность.

Для получения конструктивно предусмотренной уравновешенности двигателя ряд требований предъявляется также к производству отдельных деталей двигателя в отношении соблюдения допусков на массы и размеры.

Установление этих допусков обусловливается необходимостью выполнения в большей или меньшей степени условий:

* 1) равенства масс поршневых групп;
* 2) равенства масс шатунов и одинакового расположения их центров тяжести;
* 3) динамической уравновешенности коленчатого вала, достигаемой его балансировкой.

Уравновешивания сил инерции вращающихся масс кривоншпно-шатунного механизма двигателя достигают таким размещением вращающихся масс кривошипов или масс противовесов, при котором соблюдаются два условия:

* 1) центр тяжести приведенной системы вала находится на оси вращения;
* 2) сумма моментов центробежных сил инерции вращающихся масс относительно любой точки оси вала равняется нулю.

Соблюдение первого условия обусловливает так называемую статическую уравновешенность, так как уравновешенность в этом случае проверяют путем статической балансировки вала на призмах. Аналитически это условие уравновешенности выражается равенством нулю результирующей всех центробежных сил инерции.

Выполнение второго условия (при одновременном соблюдении первого) обеспечивает так называемую динамическую уравновешенность, которую проверяют при вращении вала на балансировочном станке.

Выполнение обоих условий уравновешенности соответствует вращению вала вокруг его главной центральной оси инерции.

В одноколейном валу сумма центробежных сил, развиваемых двумя противовесами, должна быть равна и противоположна по направлению центробежной силе.

Следовательно, масса каждого противовеса

Многоколенные симметричные валы многоцилиндровых двигателей обычно уравновешивают в целом без установки противовесов. Несмотря на это, их часто снабжают противовесами, чтобы уменьшить моменты, изгибающие вал, и разгрузить его коренные подшипники. Противовесы способствуют, кроме того, более равномерному распределению давления по окружности коренной шейки. диаграммы

