

$n_{\text{п}}$ - число цилиндров правого ряда (так как обычно в двигателях $n_{\text{л}} = n_{\text{п}}$ можно заменить $n_{\text{л}}$ и $n_{\text{п}}$ на $n_{\text{ц}}$ - число цилиндров в одном ряду);

$n_{\text{кр}}$ - число кривошипов на коленчатом валу;

$h_{\text{ил}}$ - расстояние вдоль оси коленчатого вала от начала координат (от оси первого цилиндра левого ряда) до оси i -го цилиндра левого ряда;

$h_{\text{ип}}$ - расстояние вдоль оси коленчатого вала от начала координат до оси i -го цилиндра правого ряда $h_{\text{ип}} = h_{\text{ил}} + b$, где b - смещение рядов цилиндров;

h_i - расстояние вдоль оси коленчатого вала от начала координат до i -го кривошипа.

Л и т е р а т у р а

1. Железко Б.Е., Тарасик В.П. Анализ уравновешенности поршневых автотракторных двигателей. - Минск, 1976.

УДК 621.432 - 224.762.445 (088.8)

В.А.Рожанский, С.П.Кравчук, И.И.Гордейчик

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОЖИДКОСТНОГО СТЫКА ТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

При современной тенденции форсирования двигателей с одновременным снижением его веса детали, образующие газожидкостный стык, во время работы подвергаются значительным перемещениям. Полагают, что относительные перемещения служат основной причиной, вызывающей постепенное нарушение уплотнения и сокращение срока службы прокладки [1]. Эти перемещения носят сложный, в ряде случаев локальный характер и не всегда поддаются измерениям. Из-за конструктивных особенностей двигателя измерению доступны обычно не очень характерные участки уплотнения. Однако и эта информация позволяет более полно представить происходящие в стыке процессы, что может существенно помочь в разработке мероприятий по повышению работоспособности газожидкостного стыка.

Перемещение деталей определялось на двигателе Д-240 в стендовых условиях. Температурный режим двигателя, кроме определения квазистатических перемещений, поддерживался по-

стоянным: температура охлаждающей воды - $95 \pm 2^\circ\text{C}$ и масла - $90 \pm 3^\circ\text{C}$. Номинальный режим двигателя $n = 2200$ об/мин при $p_e = 0,68$ МПа.

Установлено, что относительное перемещение деталей возникает от воздействия рабочего процесса, происходящего как непосредственно в изучаемом цилиндре, так и других цилиндрах. Однако от работы последних изучаемый цилиндр перемещается значительно меньше. Так как в каждом цилиндре действуют: давление газов в радиальном направлении, равномерное по окружности и изменяющееся по высоте гильзы в зависимости от тактов рабочего цикла и положения поршня, и нормальная сила поршня в плоскости качения шатуна, изменяющаяся по величине и направлению в соответствии с изменением газовой силы и угла наклона шатуна [2, 3], то динамические горизонтальные и вертикальные перемещения деталей имеют свои особенности.

Характер и величины перемещений головки и гильзы цилиндра во время прохождения поршнем рабочих тактов приведены на рис. 1 и 2. Из рис. 1 следует, что вертикальное перемещение головки относительно блока соответствует нарастанию газовой силы в данном цилиндре, т.е. заметные перемещения возникают в конце такта сжатия и первой половине расширения

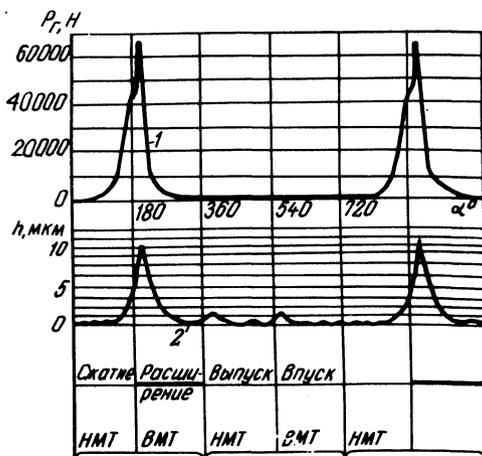


Рис. 1. Зависимость динамического перемещения головки цилиндров относительно блока от величины газовой силы: 1 - нарастание газовой силы; 2 - вертикальное перемещение головки цилиндров.

ния. Максимумы перемещения и давления совпадают по времени. При уменьшении давления во время тактов выпуска и впуска перемещение снижается до нуля. Частота перемещения соответствует частоте рабочих ходов в цилиндре.

Вертикальное перемещение бурта гильзы относительно блока (рис. 1) носит аналогичный характер, но направлено в противоположную сторону перемещению головки цилиндров.

Горизонтальное перемещение бурта гильзы относительно блока (рис. 1,2) в плоскости качения шатуна описывается ниже.

В начале такта сжатия увеличивается зазор гильза – блок, затем, к концу такта, направление изменяется в сторону уменьшения зазора, достигнув максимума уже в начале такта сжатия после перехода поршнем ВМТ, а к концу сжатия возвращается к исходному состоянию.

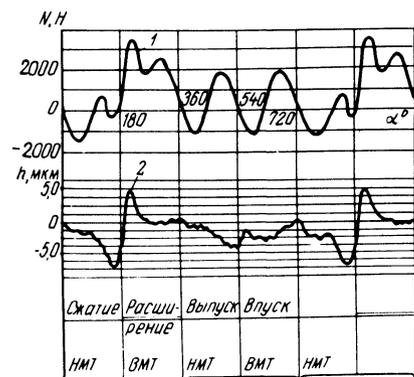


Рис. 2. Зависимость динамического перемещения бурта гильзы от относительно блока от величины боковой силы: 1 – изменение боковой силы; 2 – горизонтальное перемещение бурта гильзы.

В последующих тактах выпуска и впуска при переходах поршня через ВМТ и НМТ бурт гильзы перемещается незначительно.

Во время работы двигателя на номинальном режиме максимальным динамическим вертикальным перемещениям относительно блока цилиндров подвергается головка, а в горизонтальном направлении – гильза. Эти перемещения достигают соответственно величин 10 мкм и 16 мкм (рис. 1,2).

С уменьшением числа оборотов коленчатого вала и мощности двигателя относительные динамические перемещения деталей стыка уменьшаются.

Появление в газожидкостном стыке квазистатических нагрузок обуславливается изменением параметров теплового режима двигателя, коэффициентами линейного расширения, модулями упругости деталей, образующих этот стык, усилиями за-

тяжки головки и другими медленно меняющимися параметрами. Эти нагрузки могут достигать значительной величины и существенно влияют на взаимное перемещение уплотняемых поверхностей.

Оказалось, что с изменением условий работы двигателя Д-240 имеют место значительные перемещения участков деталей в вертикальном и горизонтальном направлениях (рис. 3). Так, при увеличении мощности двигателя до номинальной в условиях его охлаждения по замкнутому контуру (прогрев наиболее интенсивный, что обычно имеет место в холодное время года) вертикальные перемещения головки достигают максимального значения. При этом уплотняемая поверхность головки выпучивается в сторону, противоположную блоку. В дальнейшем перемещение гильзы достигает максимального значения, а уплотняемая поверхность головки несколько возвращается к блоку вследствие выпучивания ее в сторону источника тепла. Затем перемещение гильзы также уменьшается. По-видимому, в начале работы двигателя вертикальное перемещение гильзы определяется, главным образом, тепловым расширением ее бурта, а дальше - увеличением глубины посадочного места в блоке и короблением его уплотняемой поверхности.

Охлаждение двигателя с добавлением холодной воды приводит к увеличению перемещения, и, следовательно, к первоначальному короблению головки в сторону, противоположную блоку. Коробление сохраняется вплоть до остановки двигателя. С остыванием двигателя уплотняемая поверхность головки и гильза возвращаются в первоначальное положение, в котором они находились перед пуском. Следует отметить, что на перемещение головки принудительное охлаждение блока не влияет. Таким образом, при работе двигателя Д-240 гильзы могут перемещаться относительно блока в вертикальном направлении в 4,5 раза больше, чем головка. При этом отмечается максимальное дополнительное поджатие прокладки, которое возникает при относительном перемещении головки и гильзы (100 мкм), а последующая разгрузка - на 150 мкм.

В горизонтальном направлении максимальными являются также перемещения гильзы относительно блока. При этом в начале работы двигателя зазор между буртом гильзы и блоком уменьшается. Это вызывается более интенсивным ее прогревом по сравнению с блоком. В дальнейшем, с прогревом блока, этот зазор увеличивается и достигает 100 мкм (на сторону). Некоторый рост зазора после остановки двигателя сви-

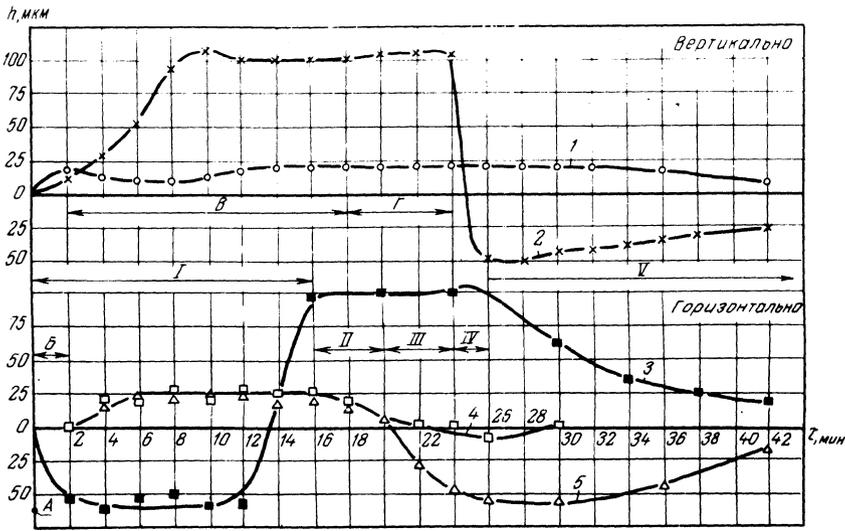


Рис. 3. Квазистатические перемещения деталей газожидкостного стыка третьего цилиндра: Вертикально: 1 – головки относительно блока; 2 – бурта гильзы относительно блока. Горизонтально: 3 – бурта гильзы относительно блока; 4,5 – головки цилиндров относительно блока в поперечном и продольном направлениях. А – запуск дизеля; Б – увеличение нагрузки до номинальной; В – работа на номинальном режиме; Г – сброс нагрузки и остановка; Г – охлаждение по замкнутому контуру; II – охлаждение с добавлением холодной воды; III – удаление воды из системы; IV – принудительное охлаждение; У – остывание дизеля.

детельствует о высокой чувствительности гильз к условиям охлаждения.

Перемещение головки относительно блока в продольном и поперечном направлениях определяется, главным образом, различным тепловым состоянием этих деталей.

С прогревом двигателя головка и блок увеличиваются в размере. Однако средняя температура головки выше, поэтому головка перемещается относительно блока в данном случае до 25 мкм. При остановке двигателя головка остывает быстрее, чем блок, и, возвращаясь в первоначальное положение, перемещается относительно блока (с учетом изменения его размеров при воздействии рабочей температуры) в противоположном направлении (рис. 3).

С применением принудительного охлаждения двигателя после его остановки эти перемещения увеличиваются и достигают: в продольном направлении – 80 мкм, в поперечном – 30 мкм, т.е. границы участка головки, приходящегося на один цилиндр, перемещаются примерно на 20 мкм и 30 мкм соот-

ветственно, что согласуется с литературными данными [1] . Следует отметить, что соотношение величин перемещений в продольном и поперечном направлениях и соответствующих размеров уплотняемой поверхности головки практически одинаково. По-видимому, величины перемещений в продольном и поперечном направлениях определяются, главным образом, соответствующими размерами уплотняемых поверхностей головки и блока, а также зависят от физических характеристик материалов этих деталей.

При охлаждении двигателя гильза, головка и блок цилиндров стремятся занять первоначальное положение.

Выводы: 1. В тракторном двигателе во время работы возникают относительные динамические и квазистатические перемещения деталей, образующих газожидкостный стык. При этом квазистатические перемещения по своей величине превосходят динамические.

2. Характер изменения динамических перемещений головки и гильзы определяется изменением давления газа и перпендикулярной составляющей к оси гильзы суммарной силы в данном цилиндре: влияние других цилиндров на эти перемещения незначительное.

3. Характер и величина квазистатических перемещений в основном определяется тепловым состоянием и нагрузкой двигателя, а также свойствами материала и конструктивными параметрами деталей, поэтому исследование их перемещений необходимо проводить на полноразмерном двигателе.

Л и т е р а т у р а

1. Teucher S., Stecher F. Neuartige Zylinder - Kopfdichtungen für Hochleistungsmotoren. - MTZ, 1970, №9. 2. Попык К.Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей. - М., 1970, с.51 - 58. 3. Исследование динамических деформаций гильз цилиндров/Б.А.Возров, Е.В. Исаев, В.А.Коржаков, В.А.Осокин. - Автомобильная промышленность, 1971, №5, с.5-8.