



*Механизм
газораспределения,
распределительный вал,
тепловые зазоры*

*Valve timing gear, camshaft,
expansion gaps*

10.35694/YARCX.2020.51.3.009

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Б.С. Антропов (фото)

д.т.н., профессор, профессор кафедры автомобильного транспорта

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль

В.В. Гумённый

доцент кафедры тактики и общевоеенных дисциплин

А.А. Рудаков

преподаватель кафедры тактики и общевоеенных дисциплин

В.А. Генералов

преподаватель кафедры тактики и общевоеенных дисциплин

ФГБУ МО «Ярославское высшее военное училище противоздушной обороны», г. Ярославль

К группе деталей механизма газораспределения автотракторных дизельных двигателей (детали МГР) относятся: распределительный вал, толкатели, штанги, коромысла с узлами для регулирования тепловых зазоров, тарелки, сухари и пружины.

На двигателях ЯМЗ-236, 238, КамАЗ-740 и их модификациях применяются головки цилиндров двухклапанные, т.е. на каждый цилиндр предусматривается два клапана – впускной и выпускной. На новых двигателях ЯМЗ-530 (двигатели 4- и 6-цилиндровые, рядные, S/D = 128/105 мм), производство которых освоено на Ярославском моторном заводе, применяются 4- клапанные головки, т.е. на каждый цилиндр приходится 2 впускных и 2 выпускных клапана. Такое конструктивное решение позволило оптимизировать процессы смесеобразования и сгорания топлива в цилиндрах двигателя, улучшить топливно-экономические показатели, и что самое главное, достичь уровня экологических показателей, отвечающих нормам Евро-4 и Евро-5. На этих двигателях привод клапанов осуществляется с по-

мощью коромысел, в носках которых смонтированы подвижные чашки 5, контактирующие с траверсами 4, закреплёнными на двух одноимённых клапанах. Тепловой зазор находится между этими деталями и традиционно регулируется регулировочным винтом 2, смонтированным в коромысле 1 (рис. 1) [1].

В статье проанализирована работоспособность деталей МГР (в том числе неисправности и отказы, не связанные с качеством изготовления) на основе обобщения многолетней эксплуатации двигателей ЯМЗ-236, 238 и их модификаций на автотракторной технике.

Условия работы деталей МГР очень различны. В паре «распределительный вал – ролики толкателей» имеются высокие контактные напряжения. В то же время эта пара работает в благоприятном тепловом режиме и хороших условиях смазки. Клапаны, наоборот, работают в условиях высоких температур и обеднённой смазки в паре «стержень клапана – направляющая». Несмотря на цикличность работы МГР, практически отсутствуют знакопеременные нагрузки на эти детали [2].

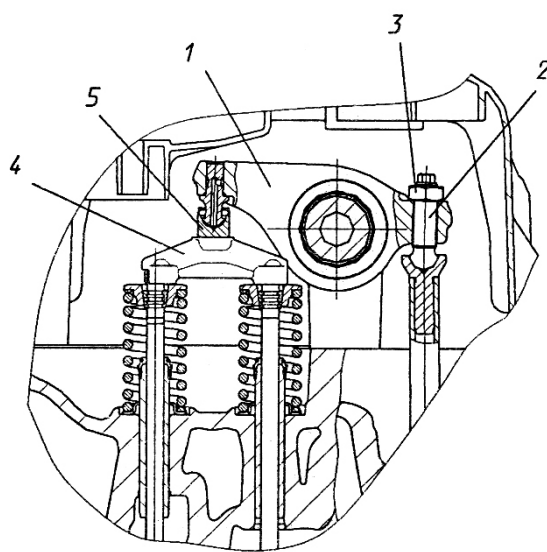
На этапе эксплуатации любого двигателя происходит естественный износ и допустимая деформация элементов механизма газораспределения, что в конечном итоге ведёт к изменению тепловых зазоров между ними и, как следствие, к снижению тем самым эффективной мощности двигателя. Своевременные мероприятия по проверке и регулировке тепловых зазоров в МГР,

рекомендуемые производителем, позволяют достаточно длительный период поддерживать заданные показатели мощности и избегать тяжёлых последствий [3].

В случае уменьшения зазоров ниже значений, рекомендуемых заводом-изготовителем, возможна неплотная посадка клапанов в седлах и, следовательно, прорыв газов и неизбежное обгорание клапанов, т.к. температура газов в процессе сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах двигателя превышает 2000°C. Здесь же возможны случаи столкновения поршней с тарелками клапанов, приводящих, как правило, к изгибу штанг и выскакиванию сухарей клапанов из фиксирующих поясков.

При увеличении зазоров выше нормы резко увеличивается скорость посадки клапанов (выше 0,8 м/с), что приводит к появлению ударных нагрузок в момент посадки клапанов в седла. В этом случае увеличиваются контактные напряжения в паре «фаска клапана – седло», приводящие к возрастанию темпов изнашивания пары, появлению деформации клапана (в виде «тюльпана») и существенному увеличению нагрузки на детали узла крепления пружин на клапанах, прежде всего на сухари. Возможны смятие фиксирующих поясков сухарей, рассухаривание, и в редких случаях – обрыв клапанов по уровню канавок под пояски сухарей.

Работа двигателя с большим превышением максимальной разрешённой частоты вращения коленчатого вала (у двигателей ЯМЗ она состав-



1 – коромысло; 2 – регулировочный винт коромысла; 3 – контргайка; 4 – траверса; 5 – гайка коромысла.

Рисунок 1 – Регулировка клапанного механизма двигателей серии ЯМЗ-530

ляет 2275 об/мин¹) категорически запрещена и может привести к тяжёлым последствиям. Привод клапанов проектируется с учётом обеспечения неразрывности контакта деталей в цепи передачи движения от распределительного вала до клапанов при любом рабочем скоростном режиме работы двигателя, существенно не превышающем допустимое максимальное значение частоты вращения коленчатого вала. Предусматривается необходимость соблюдения этого условия даже при некотором кратковременном превышении максимальной частоты вращения холостого хода. Случаи, когда происходит значительное превышение допустимой максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя, редки и, как правило, являются следствием неправильной сборки и регулировки регулятора частоты вращения ТНВД, а также его подрегулировки в процессе эксплуатации. Однако чаще причинами существенного превышения максимальной частоты вращения являются буксировка автомобиля (например, с целью запуска двигателя) или неправильное использование передач коробки передач (КП).

При запуске двигателя путём буксировки автомобиля на низкой передаче КП можно обеспечить частоту вращения коленчатого вала, значительно превышающую максимально допустимую. Такое же явление возможно при торможении автомобиля при его движении на спуске с помощью двигателя при включении неправильно выбранной передачи КП, вызывающей «перекрутку» двигателя, т.е. существенное превышение максимально допустимой частоты вращения коленчатого вала.

В рассмотренных случаях «перекрутки» двигателя в первую очередь происходит нарушение узла крепления пружин на клапанах, приводящее к деформированию фиксирующего пояса на сухарях. Клапан «проседает» относительно тарелки, поверхности которой начинают иногда касаться носка коромысла. Работа с нарушенной фиксацией пружин клапана в дальнейшем приведёт к «рассухариванию» клапана, его «проваливанию» в цилиндр двигателя и выводу из строя поршня, головки и гильзы цилиндра, а также в некоторых случаях – к изгибу шатуна.

«Рассухаривание» может произойти в момент «перекрутки» или несколько позднее при работе двигателя на нормальном скоростном режиме. Во всех случаях после значительного превышения максимально допустимой частоты вращения коленчатого вала необходима провер-

ка состояния узла крепления пружин на клапане по его «утопанию» относительно тарелки. «Утопание» клапана относительно тарелки вызвано тем, что при деформации фиксирующего пояса на сухарях под действием пружин перемещается тарелка в сторону торца стержня клапана (клапан относительно тарелки не перемещается).

Возможно и другое развитие дефекта. В процессе «перекрутки» двигателя из-за отставания клапанов при посадке на седла происходит их встреча с поршнем, приводящая к изгибу клапанов. Это явление развивается до излома клапана в месте перехода стержня в тарелку. Обломанные тарелки разрушают поршень и головку цилиндров. На многоцилиндровых двигателях обрыв клапана может привести к обрыву поршня по отверстиям поршневого пальца. После обрыва клапана происходит «расклёпывание» головки поршня, его задир в гильзе и обрыв. Если в данном случае двигатель не будет остановлен экстренно, то возможно повреждение блока цилиндров.

Возможные отказы МГР, связанные с качеством применяемого масла или его состоянием в двигателе. Из-за низкого эксплуатационного качества масла или его переработки в двигателе выше нормы могут образовываться отложения на стержне клапана в зоне контакта с направляющей втулкой. В этом случае может наступить такое состояние, когда усилие пружин для перемещения клапана во втулке будет недостаточным в силу увеличения сил трения. Клапан будет отставать от профиля кулачка распределительного вала, что приведёт к встрече поршня с клапаном, изгибу клапана и его поломке.

При увеличении расхода масла на угар вследствие износа деталей цилиндропоршневой группы происходит ухудшение работы клапанов, т.к. увеличиваются отложения от сгораемого масла на клапанах. Во впускных и выпускных каналах головки цилиндров увеличиваются углеродистые отложения, которые приводят к уменьшению проходных сечений каналов и уменьшению наполнения цилиндров свежим зарядом воздуха. На выпускных клапанах увеличивается интенсивность зольных отложений – неорганических составляющих некоторых присадок, вводимых в моторные масла. Особенно неблагоприятно скажутся такие отложения на работе уплотнительных поясков тарелок клапанов. На поясках образуется хрупкая и твёрдая плёнка, которая при работе может разрушаться, в результате чего на уплотнительных поясках клапанов образуются каверны, приводящие к нарушению герметично-

сти клапанов и, как следствие, к прорыву газов, локальному перегреву и прогару тарелок клапанов.

Детали МГР обладают достаточно высокой износостойкостью и малыми деформациями. В процессе работы двигателя эти небольшие по величине изменения размеров деталей компенсируются регулировками тепловых зазоров, проводимых при ТО двигателя согласно инструкции завода-изготовителя.

Соблюдение рекомендаций производителя по техническому обслуживанию, а именно по обеспечению качественной очистки поступающего в двигатель воздуха, масла и топлива, отсутствию превышения максимально допустимого режима вращения коленчатого вала «перекрутки», качественной регулировки тепловых зазоров клапанов, механизм МГР способен до капитального ремонта сохранять свою работоспособность.

При диагностировании состояния МГР используются различные оценки герметичности клапанов (например, по величине падения воз-

духа, нагнетаемого в цилиндры двигателя через отверстия под форсунки). Однако эти методы трудоёмки и мало информативны. В большинстве случаев в эксплуатации оценка состояния деталей МГР оценивается субъективно, т.е. прямо на слух. Так, прослушивая работу двигателя при минимальной частоте вращения коленчатого вала, можно отметить стуки, связанные с увеличением тепловых зазоров выше нормы. Прочие неисправности элементов МГР не обладают явно выраженными звуками.

Вывод

Детали механизма газораспределения обладают ресурсом, не меньшим, чем у базовых деталей (блока цилиндров и коленчатого вала). Соблюдение правил эксплуатации (своевременная регулировка тепловых зазоров, применение качественных моторных масел и недопущение их переработки, отсутствие «перекрутки» по частоте вращения коленчатого вала) обеспечивают работу МГР практически до капитального ремонта двигателя.

Литература

1. Двигатели ЯМЗ-5340 и их модификации. Руководство по эксплуатации 5340.3902150РЭ [Текст]. – Ярославль: ОАО «Автодизель», 2011 – 160 с.
2. Антропов, Б.С. Диагностирование автотранспортных средств [Текст]: учеб. пособие / Б.С. Антропов, И.С. Басалов. – Ярославль: ЯГТУ, 2016 – 144 с.
3. Антропов, Б.С. Обнаружение неисправностей двигателей ЯМЗ [Текст] / Б.С. Антропов, В.И. Жеребятёв, В.П. Цаплин. – М.: Агропромиздат, 1989 – 128 с.

References

1. Dvigateli JaMZ-5340 i ih modifikacii. Rukovodstvo po jekspluatacii 5340.3902150RJe [Tekst]. – Jaroslavl': ОАО «Avtodizel'», 2011 – 160 s.
2. Antropov, B.S. Diagnostirovanie avtotransportnyh sredstv [Tekst]: ucheb. posobie / B.S. Antropov, I.S. Basalov. – Jaroslavl': JaGTU, 2016 – 144 s.
3. Antropov, B.S. Obnaruzhenie neispravnostej dvigatelej JaMZ [Tekst] / B.S. Antropov, V.I. Zherebyat'ev, V.P. Tsaplin. – M.: Agropromizdat, 1989 – 128 s.