

Технические науки

Чепурин А.В., Севостьянов А.Д.

Основные износы и дефекты деталей клапанной группы

Чепурин Александр Васильевич – кандидат технических наук, доцент, кафедра технического сервиса машин и оборудования, факультет технического сервиса в АПК, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

E-mail: av.tchepurin@yandex.ru

SPIN-код РИНЦ: 9893-4966

Севостьянов Алексей Дмитриевич – магистрант, кафедра технического сервиса машин и оборудования, факультет технического сервиса в АПК, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

E-mail: av.tchepurin@yandex.ru

Аннотация

В статье приведён краткий анализ дефектов деталей клапанной группы, возникающих при работе двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова

Направляющая втулка; клапан; пружина; седло клапана; тепловой зазор.

Износ и дефекты направляющих втулок/ Направляющие втулки имеют следующие дефекты: износ внутренней поверхности (58-96 %), ослабление посадки (7-13%), трещины и изломы (3-10%). Износ втулок носит выраженный местный характер. В верхней части втулок износ невелик и имеет форму овала, большая ось которого перпендикулярна продольной оси двигателя. В нижней части втулки изнашиваются больше, чем в верхней с сохранением направления износа – наибольший износ наблюдается в месте удара стержня клапана о втулку с последующим скольжением при граничном трении. Большой износ выпускных втулок по сравнению с впускными объясняется дополнительным тепловым нагружением в соединении с клапаном.

На момент капитального ремонта износы втулок клапанов в верхней части обычно составляют 0,06-0,08 мм, а в средней 0,04-0,07 мм. В нижней части износ втулок выше, чем в верхней, достигает 0,24 мм и более, и в среднем составляет 0,10-0,12 мм. Расчетный коэффициент неравномерности износа по длине образующей равен: для втулок впускных клапанов 3-4, для втулок выпускных клапанов 8-13 [6].

Согласно исследованиям [5], скорость износа впускных втулок ЯМЗ-236 М2-1 до ремонта составляет 0,006 мм/1000 м.ч., после ремонта - 0,020 мм/1000 м.ч., расчетный ресурс до ремонта – 10000 м.ч., после ремонта – 3000 м.ч. Скорость износа выпускных втулок до ремонта составляет 0,007 мм/1000 м.ч., после ремонта - 0,035 мм/1000 м.ч., расчетный ресурс до ремонта – 8500 м.ч., после ремонта – 1600 м.ч.

На рисунке 1 показаны втулки и седла имеющие износ, близкий к аварийному и иллюстрирующие его местный несимметричный характер. При меньших износах втулок (до 0,20 мм) визуально данный характер не проявляется, невозможно его определить также и при дефектовке измерением наиболее часто применяющимся инструментом – нутромером (метод двух точек). Однако, практически с начала износа втулки происходит смещение фактической оси работы клапана, что приводит к соответствующему нарушению соосности клапана и седла. При малых износах и, следовательно, перекосах, герметичность клапана и седла обеспечивается пластическим деформированием поверхностей рабочих фасок клапана и седла.

Рассмотренные в примере клапанные пары не обладали герметичностью вследствие значительного перекоса осей клапана и седла. Очевидно, существенный местный износ указывает на направление результирующей силы взаимодействия сопряженных деталей.



Рисунок 1 – Аварийный износ направляющих втулок и седел бензиновых (а) и дизельных двигателей (б)

По данным источников [2; 3], у двигателей, поступающих в капитальный ремонт, зазоры в сопряжении клапан-втулка обычно выше номинальных в 1,5-3,5 раза. Это может приводить к повышению расхода масла на угар через сопряжение клапан-втулка на 18-20%, увеличению дымности отработанных газов – на 10-15%.

Износ и дефекты клапанов. Клапаны имеют следующие дефекты: износ стебля (до 75%), износ рабочей фаски (26-48%), биение рабочей фаски (2-3%), прогары тарелки, обрыв клапана (2-8%).

До 90% стержней выпускных и 60% впускных клапанов ЯМЗ-236 М2-1, [3, 4] имеют предельные износы, достигающие 0,12-0,13 мм и требуют замены или ремонта. Наибольшая овальность стержней – 0,03 мм.

Биение фасок при эксплуатации возрастает по сравнению с биением новых клапанов почти в 3 раза и достигает, например, у двигателей ЗИЛ 0,14-0,16 мм, а в среднем 0,053 мм [5]. Биение рабочей фаски относительно оси стержня приводит к неплотной посадке клапана и нарушению герметичности сопряжения, уменьшению наполнения цилиндра свежим воздухом. Биения фасок седел относительно оси втулок также резко возрастают по мере увеличения наработки двигателей и в среднем составляют: впускного – 0,12, выпускного – 0,23 мм, а максимальные – соответственно до 0,40 и 0,55 мм.

Изменение теплового зазора в клапанном механизме. Уменьшение или увеличение теплового зазора от оптимальной заданной величины отрицательно

сказывается на работе двигателя. При слишком большом зазоре растут ударные нагрузки и увеличивается износ сопряжений клапанного механизма. При очень малых – не обеспечивается герметичность камеры сгорания, и двигатель не развивает полной мощности, клапаны перегреваются, что может повлечь прогар фасок. Проверке и регулировке зазоров необходимо уделять первостепенное внимание. Наиболее опасно уменьшение зазора для выпускного клапана. Клапан в этом случае раньше открывается и позже закрывается, время перетекания горячих газов через малую щель увеличивается, а время, когда клапан закрыт и должен охлаждаться, отдавая тепло через седло в охлаждающую жидкость, сокращается. Уменьшенный зазор – наиболее частая причина подгорания рабочих фасок.

Увеличение теплового зазора приводит к появлению стуков в механизме газораспределения. Увеличение регулировочного зазора существенно сказывается на возрастании скорости посадки клапана. В свою очередь износ седла и фаски клапана во многом определяется скоростью посадки клапана.

Кроме того, начальная величина теплового зазора в механизме, величина неустойчивая, зависящая от качества изготовления и температуры его деталей. Согласно исследованиям ГОСНИТИ [1], тепловой зазор в механизме газораспределения дизельных двигателей изменяется по случайному закону – в процессе эксплуатации зафиксировано как увеличение, так и уменьшение теплового зазора.

Интенсивность изменения находилась в пределах (мм/мото-ч.):

-для впускных соединений: - положительная (увеличение зазора) – $0+0,00045$; -отрицательная (уменьшение зазора) – $0,00001-0,00062$;

-для выпускных соединений: - положительная (увеличение зазора) – $0+0,00094$; -отрицательная (уменьшение зазора) – $0,00007-0,00051$.

Износ и дефекты клапанных седел. Основным дефектом, ограничивающим срок службы головок цилиндров, является износ клапанных седел. Проявляется этот дефект в повышенных утопаниях клапанов, что в свою очередь служит

одной из причин снижения мощностных и экономических показателей двигателей. По данным ГОСНИТИ [1, 4], увеличение утопания клапанов дизельных двигателей от номинального (1,15-1,6 мм) до предельного (3,5 мм) ведет к росту расхода топлива на 10,5% и снижению мощности на 10%. Одновременно с этим отмечается увеличение расхода масла на 10%, повышение температуры выпускных сопряжений – на 7...8%.

Износы седел впускных клапанов двигателей ЯМЗ-236 М2-1 находятся в пределах 0,3-1,3 мм и в среднем составляют 0,66 мм; износы выпускных седел составляют 0,1-0,7 мм, а в среднем 0,20 мм. Износы впускных седел выше износа выпускных в 3 раза. Тарелки клапанов этих двигателей, наплавленные сплавом ВЗК, изнашиваются обычно в 3 раза меньше, чем их гнезда, и в среднем составляют впускного – 0,20 и выпускного – 0,06 мм. Скорость износа впускных седел отремонтированных двигателей ЯМЗ-236 М2-1 составляет около 62 мкм/1000 мото-ч. Ресурс клапанных седел двигателей ЯМЗ-236 М2-1 составляет 10-11 тыс. мото-ч [1].

Выпускные клапанные седла, независимо от конструктивного исполнения головок, изнашиваются меньше, чем впускные. Это происходит, в основном, по следующим причинам:

- тарелки впускных клапанов имеют повышенную массу (по отношению к выпускным);
- наличие нагара и всасывание с воздухом некоторого количества пыли приводит к более интенсивному их изнашиванию.

Седла выпускных клапанов менее подвержены износу ввиду того, что температура в камере сгорания очень высокая и потому происходит частичное сгорание нагара и пыли. Кроме того, часть пыли оседает на стенках гильз. В результате через выпускные клапаны проходит нагар и пыль более размельченными и менее агрессивными в абразивном отношении и в меньшем количестве.

Дефекты клапанных пружин. Клапанными пружинами в немалой степени обеспечивается плотность прилегания клапанов. В результате совместного действия предварительной статической и циклически меняющейся динамической нагрузок начальная высота и жесткость пружин уменьшаются.

Дефектация пружин клапанов двигателей ЯМЗ-236 М2-1, поступивших в капитальный ремонт, показала, что упругость всех пружин (выборка 64 штуки) соответствовала техническим требованиям, а именно: внутренней – не менее 225Н (новой 245+15Н), наружной – не менее 113Н (новой 125 + 7,5Н). И, наоборот, у 87% пружин высота в свободном состоянии зафиксирована меньше, чем у новых изделий, обычно на 1-2 мм.

При эксплуатации двигателей, около 90% пружин укорачиваются на 0,5-3 мм (или на 2-5%); до 45-55% пружин теряют упругость на 4-25%.

Клапанные пружины двигателей имеют разные усилия предварительной затяжки. Известно, что при увеличении усилия предварительной затяжки пружин от 137Н до 358Н (то есть в 2,5 раза) износ сопряжения клапан-гнездо увеличивается примерно на 20%. Усадка клапанных пружин на 1-3 мм при сохранении ими упругости (на рабочей высоте) не сказывается на рабочих параметрах двигателей. С другой стороны, при снижении упругости пружин двигателя теряют мощность при одновременном перерасходе топлива - по данным ГОСНИТИ, в случае снижения упругости пружин на 25% потеря мощности двигателем достигает 17%, и удельный расход топлива повышается на 19%. Согласно рекомендациям технических требований, при капитальных ремонтах двигателей снижение упругости клапанных пружин, например, семейств ЯМЗ и ММЗ, допускается не более чем на 5-15%.

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости поиска оптимальных соотношений жесткости и предварительной затяжки пружин и назначения более жестких требований к дефектации клапанных пружин при капитальном ремонте.

Список литературы

1. *Кривенко П.М., Баранцев В.М., Хакимов А.М.* Исследование износов и отказов дизелей в условиях рядовой эксплуатации. Промежуточный отчет ГОСНИТИ. М.: ГОСНИТИ, 1980. 65 с.
2. Определение допустимых отклонений размеров основных деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов при капитальном ремонте двигателей ЯМЗ-236, ЯМЗ-238. Отчет. Колл. авт., Ярославль: Ярославский моторный завод, 1974. 30 с.
3. *Пучин Е.А., Новиков В.С., Очковский Н.А.* Практикум по ремонту машин. М.: КолосС, 2009. 327 с.
4. *Силуянов В.П.* Исследование и разработка технологических процессов восстановления сопряжений седло-клапан тракторных двигателей с использованием роторного газопламенного напыления: автореф. ... дис. канд. тех. наук. М., 1981.
5. *Усков В.П.* Справочник по ремонту базовых деталей двигателей. Брянск, 1998. 589 с.
6. *Четурич А.В.* Методы обработки отказов автотракторных двигателей. Учебное пособие для вузов. М.: УМЦ «Триада», 2016. 78 с.