

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра тракторов, автомобилей и машин
для природообустройства

А. Н. Карташевич, А. В. Гордеенко, А. А. Рудашко

ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ

МЕХАНИЗМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 06 01
Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного
производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ*

Горки
БГСХА
2019

УДК 621.4.33(072)

*Рекомендовано методической комиссией
факультета механизации сельского хозяйства.
Протокол № 9 от 27 мая 2019 г.*

Авторы:

доктор технических наук, профессор *А. Н. Карташевич*;
кандидаты технических наук, доценты
А. В. Гордеенко, А. А. Рудашко

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент *В. И. Коцуба*

Тракторы и автомобили. Механизм газораспределения двигателей : методические указания по выполнению лабораторной работы / А. Н. Карташевич, А. В. Гордеенко, А. А. Рудашко. – Горки : БГСХА, 2019. – 24 с.

Изложены назначение и классификация механизма, описана конструкция деталей, приведены фазы газораспределения и система их регулирования, даны основные неисправности ГРМ.

Для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелноративных и водохозяйственных работ.

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2019

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЗМА

Газораспределительный механизм (ГРМ) служит для наполнения цилиндров двигателя горючей смесью или воздухом и выпуска из них отработавших газов.

В четырехтактных двигателях применяют клапанные механизмы газораспределения, клапаны которых открывают и закрывают впускные и выпускные отверстия.

Для обозначения расположения клапанов и распределительных валов приняты следующие сокращения:

- *OHV* (*overhead valve*) – верхнее расположение клапанов;
- *OHC* (*overhead camshaft*) – верхнее расположение распределительного вала;
- *DOHC* (*double overhead camshaft*) – два верхних распределительных вала.

По схеме привода клапанов различают следующие типы ГРМ:

- привод клапанов с помощью штанги и коромысла при нижнем расположении распределительного вала (двигатели *OHV*, рис. 1, *а*);
- привод клапанов с помощью рычага при верхнем расположении распределительного вала (двигатели *OHV/OHC*, рис. 1, *б*);
- привод клапанов двумя коромыслами от одного распределительного вала (двигатели *OHV/OHC*, рис. 1, *в*);
- привод клапанов двумя распределительными валами (двигатели *OHV/DOHC*, рис. 1, *г*).

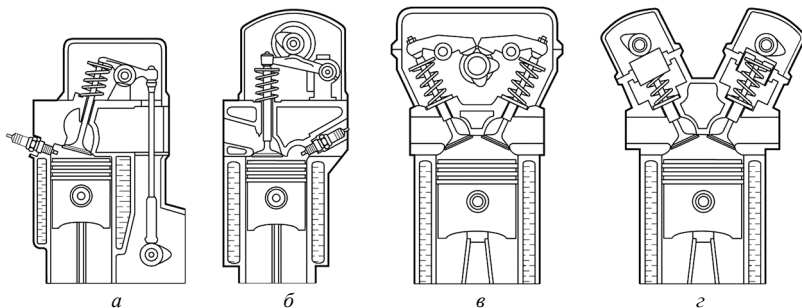


Рис. 1. Схемы привода клапанов: *а* – привод клапанов с помощью штанги и коромысла при нижнем расположении распределительного вала; *б* – привод клапанов с помощью рычага при верхнем расположении распределительного вала; *в* – привод клапанов двумя коромыслами от одного распределительного вала; *г* – привод клапанов двумя распределительными валами

По числу клапанов, приходящихся на один цилиндр двигателя, следует различать газораспределительные системы классической конструкции с двумя клапанами на цилиндр, и многоклапанные системы с тремя – шестью клапанами на цилиндр. Для привода многоклапанных систем используются схемы *DOHC* (см. рис. 1, з).

Современные двигатели обычно имеют газораспределительные механизмы с верхним расположением клапанов, так как в этом случае камера сгорания получается компактной, улучшается наполнение цилиндров, упрощается регулировка клапанов и значительно уменьшаются потери теплоты с охлаждающей жидкостью.

Механизм газораспределения с верхним расположением клапанов (рис. 2), применяемый в дизелях, работает следующим образом.

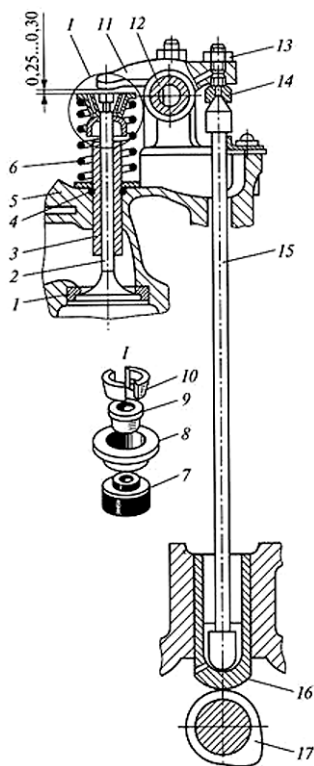


Рис. 2. Схема газораспределительного механизма с верхним расположением клапанов: 1 – седло; 2 – клапан; 3 – направляющая втулка; 4 – стопорное кольцо; 5 – головка цилиндров; 6 – пружина; 7 – уплотнительный колпачок; 8 – тарелка; 9 – втулка; 10 – сухарики; 11 – коромысло; 12 – ось; 13 – контргайка; 14 – регулировочный винт; 15 – штанга; 16 – толкатель; 17 – кулачок

Коленчатый вал приводит во вращение через шестерни распределительный вал. При повороте распределительного вала его кулачок 17 своим выступом поднимает толкатель 16, а вместе с ним – и штангу 15, которая упирается нижним концом в дно толкателя, а верхним – в регулировочный винт 14 коромысла. Коромысло, установленное на оси 12, поворачивается вокруг нее и отжимает клапан 2 вниз. Открывается отверстие канала в головке цилиндров, а пружины б, предварительно сжатые (чтобы удерживать клапан в закрытом положении), сжимаются дополнительно. Стержень клапана движется в направляющей втулке 3.

Клапан открыт полностью, когда толкатель находится на вершине кулачка. При дальнейшем повороте распределительного вала толкатель начинает опускаться, а клапан под действием пружин б движется вверх. Когда выступ кулачка выходит из-под толкателя, давление на клапан прекращается и он под действием пружин плотно закрывает седло клапана в головке цилиндра.

При обратном движении клапана коромысло, штанга и толкатель перемещаются в первоначальное положение.

К конструктивным особенностям ГРМ форсированных двигателей можно отнести: верхнее расположение клапанов и распределительного вала; ременный привод распределительного вала; отсутствие толкателей, штанг и коромысел; наличие гидрокомпенсаторов и четырех клапанов на один цилиндр.

В зависимости от конструкции газораспределительного механизма различают три основных типа механических приводов клапанов:

- привод с помощью коромысел;
- привод с помощью рычагов;
- привод с помощью цилиндрических толкателей.

Привод клапанов с помощью коромысел (рис. 3). Коромысла 11 и 13 изготавливаются из чугуна или стали и устанавливаются на осях коромысел 10 и 14 через бронзовую втулку или без нее. В зазор между коромыслом и втулкой поступает масло. Одно плечо коромысла опирается через промежуточный толкатель на торец клапана 3 или 18, другое – на кулачок распределительного вала 12 или штангу (при нижнем расположении распределительного вала). В плечо коромысла, опирающегося на клапан, устанавливается винт 15 с контргайкой 16 или эксцентрик, с помощью которого производится регулировка теплового зазора между торцом клапана и деталями привода клапана. Зазор компенсирует тепловое удлинение стержня клапана при нагревании и в

обязательном порядке контролируется при проведении очередного ТО. Величина зазора регламентируется заводом-изготовителем и для двигателей различных конструкций составляет 0,15...0,40 мм (в среднем 0,20...0,25 мм). Ось коромысел представляют собой стальную трубку с точно обработанной поверхностью. Ось закрепляется в специальных отверстиях на головке блока цилиндров или на крышках распределительного вала.

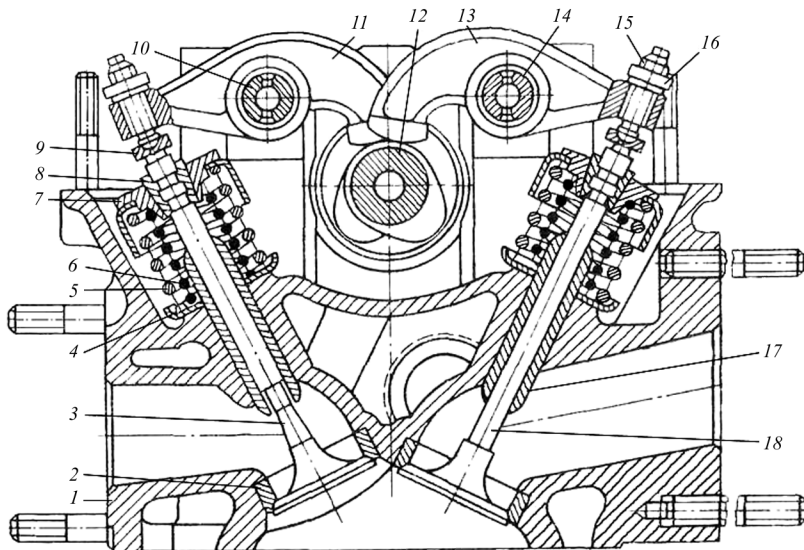


Рис. 3. Расположение деталей клапанной группы ГРМ с приводом с помощью коромысел: 1 – головка блока цилиндров; 2 – седло клапана; 3 – впускной клапан; 4 – опорная тарелка пружин клапана; 5 – пружина клапана внешняя (большая); 6 – пружина клапана внутренняя (малая); 7 – тарелка пружин клапана; 8 – сухарь; 9 – наконечник клапана; 10, 14 – ось коромысел; 11, 13 – коромысло; 12 – распределительный вал; 15 – регулировочный винт; 16 – контргайка; 17 – направляющая втулка клапана; 18 – выпускной клапан

Привод с помощью рычагов (рис. 4, а). Рычаг 11 изготавливается из стали. Поверхность рычага, контактирующая с кулачком распределительного вала 10, упрочняется закалкой токами высокой частоты или иным образом. Одним плечом рычаг опирается на торец клапана 2, другим – на шаровидную головку упорного винта 12 или втулку гидравлического толкателя (гидрокомпенсатора). Упорный винт вкручи-

вается в стальную втулку, установленную на резьбе в теле головки блока цилиндров, и удерживается от самопроизвольного выкручивания контргайкой 13. С помощью упорного винта производится регулировка теплового зазора A в приводе клапанов.

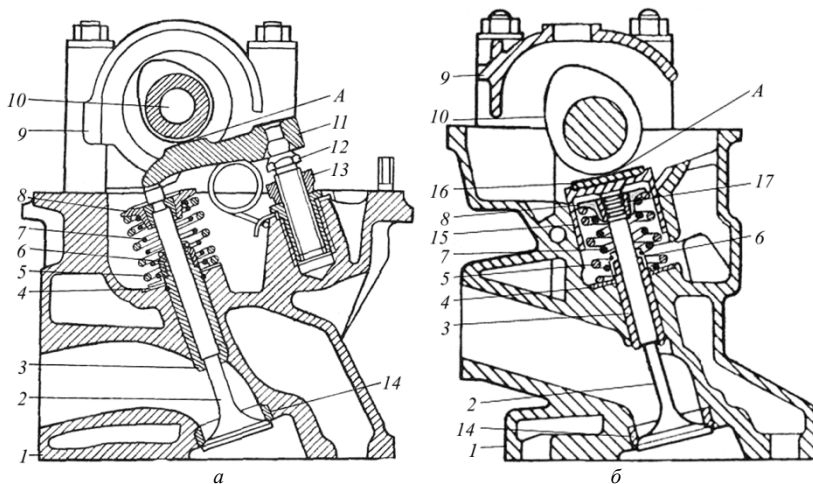


Рис. 4. Расположение деталей клапанной группы ГРМ с рычажным приводом (а) и с цилиндрическим толкателем (б): 1 – головка цилиндров; 2 – клапан; 3 – направляющая втулка клапана; 4 – опорная шайба; 5 – пружина клапана внешняя (большая); 6 – сальник клапана; 7 – пружина клапана внутренняя (малая); 8 – тарелка пружин клапана; 9 – корпус подшипников распределительного вала; 10 – распределительный вал; 11 – рычаг клапана; 12 – упорный винт; 13 – контргайка; 14 – седло клапана; 15 – цилиндрический толкатель; 16 – регулировочная шайба; 17 – сухарь; A – регулируемый тепловой зазор

Привод с помощью цилиндрических толкателей (рис. 4, б). Цилиндрический толкатель 15 представляет собой стальной стаканчик, установленный на стержне клапана 2 в специальном отверстии головки блока. Кулачок распределительного вала 10 воздействует на толкатель 15 через стальную регулировочную шайбу 16 (в некоторых конструкциях регулировочная шайба устанавливается под толкатель на торец стержня клапана). Тепловой зазор A устанавливается подбором толщины регулировочной шайбы.

Привод клапанов с гидрокомпенсаторами. Гидрокомпенсаторы могут устанавливаться со всеми типами приводов клапанов (рис. 5). В конструкциях, где применяются гидрокомпенсаторы, отсутствует зазор в приводе, что обеспечивает безударное набегание и сход кулач-

ка распределительного вала с толкателя, уменьшает шум при работе и устраняет колебания в механизме.

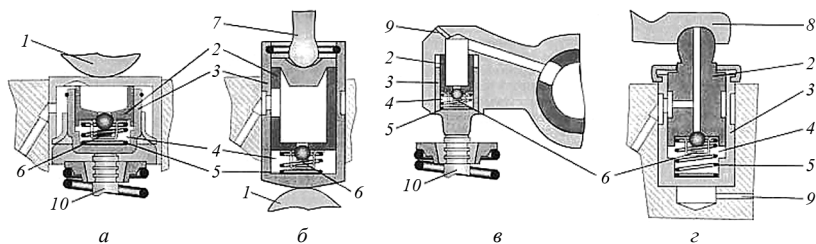


Рис. 5. Расположение гидрокомпенсаторов: *а* – в толкателе с верхним распределителем; *б* – в толкателе с нижним распределителем; *в* – в коромысле; *г* – в опоре рычага привода клапана; 1 – кулачок распределительного вала; 2 – плунжер; 3 – втулка плунжера; 4 – полость под плунжером; 5 – пружина плунжера; 6 – шариковый клапан; 7 – штанга; 8 – рычаг привода клапана; 9 – отверстие для отвода масла; 10 – стержень клапана

Основными элементами газораспределительного механизма V-образного двигателя являются: зубчатое колесо 1 (рис. 6), опорные втулки 8; клапаны 9; направляющие втулки 10; шайбы 11, 17; пружины 12; оси коромысел 13; коромысла 14; регулировочный винт 15; стойки осей коромысел 16; штанги 18; толкатели 19; тарелки 20.

Одноименные (впускные и выпускные) кулачки располагаются в четырехцилиндровом двигателе под углом 90° , в шестицилиндровом – под углом 60° , в восьмицилиндровом – под углом 45° . При шлифовании кулачкам придают небольшую конусность. Взаимодействие сферической поверхности торца толкателей 19 с конической поверхностью кулачков обеспечивает их поворот в процессе работы.

Начиная с передней опорной шейки 4, диаметр шеек уменьшается, что облегчает установку распределительного вала в картере двигателя. Число опорных шеек обычно равно числу коренных подшипников коленчатого вала. Втулки 8 опорных шеек изготавливают из стали, а внутреннюю поверхность их покрывают антифрикционным сплавом.

На переднем конце распределительного вала расположен эксцентрик 5, воздействующий на штангу привода бензонасоса, а на его заднем конце находится шестерня 21, которая приводит во вращение зубчатое колесо валика, расположенного в корпусе привода распределителя зажигания и смазочного насоса.

Между зубчатым колесом 1 распределительного вала и его передней опорной шейкой установлено распорное кольцо 3 упорного флан-

ца 2, крепящегося болтами к блоку и удерживающего вал от продольного перемещения.

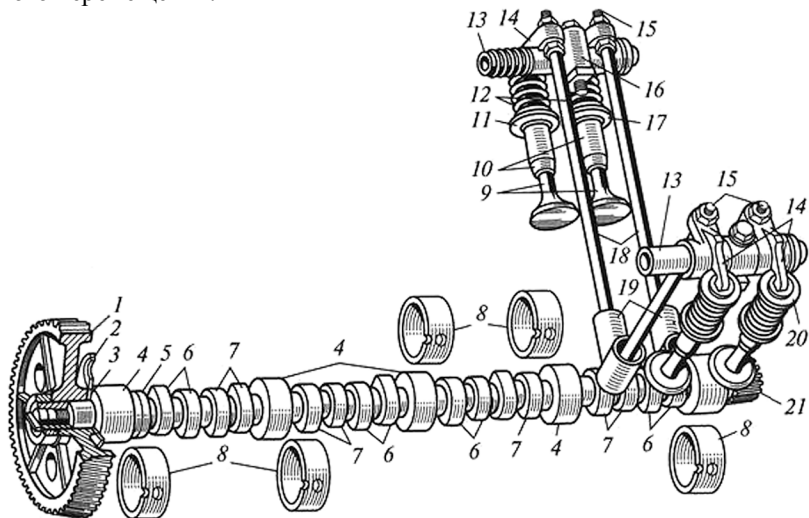


Рис. 6. Газораспределительный механизм V-образного двигателя: 1 – зубчатое колесо; 2 – упорный фланец; 3 – распорное кольцо; 4 – передняя опорная шейка; 5 – эксцентрик; 6, 7 – соответственно впускные и выпускные кулачки; 8 – опорные втулки; 9 – клапаны; 10 – направляющие втулки; 11, 17 – шайбы; 12 – пружины; 13 – оси коромысел; 14 – коромысла; 15 – регулировочный винт; 16 – стойки осей коромысел; 18 – штанги; 19 – толкатели; 20 – тарелки; 21 – шестерня привода прерывателя-распределителя и насоса системы смазки

Так как толщина распорного кольца 3 больше толщины упорного фланца 2, обеспечивается осевой зазор (разбег) распределительного вала, который должен составлять 0,08...0,21 мм. В отверстии переднего торца распределительного вала (двигатели ЗИЛ-508, ЗМЗ-511 и др.) расположен узел привода центробежного датчика регулятора частоты вращения коленчатого вала.

2. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТАЛЕЙ ГРМ

Клапаны (рис. 7) состоят из тарелки и стержня. Переход от тарелки к стержню сделан плавным, что обеспечивает клапану необходимую прочность и улучшает отвод тепла от тарелки.

Чтобы плотно закрыть отверстие в головке цилиндров, тарелка имеет конусный поясок (фаску). Такую же фаску имеет седло клапана

из жаропрочных силхромовых или хромоникельмарганцовистых сталей. При этом стержень и головка выпускных клапанов могут изготавливаться из разных сталей и соединяться между собой сваркой. Торцы стержня клапана закаливают. Для выпускных клапанов применяют жаростойкие хромокремнистые стали. У выпускного клапана некоторых двигателей, чтобы снизить температуру тарелки, полость внутри стержня заполнена натрием, а фаска тарелки для увеличения износостойкости наплавлена специальным хромоникелевым сплавом.

Для лучшего наполнения цилиндра у некоторых двигателей диаметр тарелки впускного клапана больше диаметра тарелки выпускного клапана.

Седла клапанов для алюминиевых головок блока выполняются из жаропрочного чугуна (реже стали) и устанавливаются в головку с натягом 0,09...0,12 мм с последующей завальцовкой материала головки на седло. Неплотная посадка клапана в седле является основной причиной его выхода из строя (прогорания) и разгерметизации камеры сгорания.

Направляющие втулки клапанов изготавливаются из чугуна, бронзы или металлокерамики и запрессовываются в головку цилиндров блока (или в блок цилиндров, при нижнем размещении клапанов) с натягом 0,04...0,08 мм. Через направляющую втулку проходит стержень клапана. Втулка может иметь посадочный пояс для установки сальника клапана (маслосъемного колпачка), уплотняющего стержень клапана и предотвращающего попадание излишка масла по стержню клапана в камеру сгорания. При этом для улучшения смазки стержня клапана по внутренней поверхности направляющей втулки выполняют спиральную канавку (резьбу) с шагом 2...3 мм, в которой удерживается масло. Зазор между стержнем клапана и втулкой регламентируется изготовителем и для большинства двигателей устанавливается в пределах 0,04...0,08 мм у впускных клапанов и 0,06...0,12 мм – у выпускных.

Пружины клапанов 7 и 8 (см. рис. 7) возвращают клапан на седло после снятия с него нагрузки от кулачка распределительного вала, удерживают клапан в закрытом положении, обеспечивая его плотную посадку в седле, и предотвращают разрыв кинематической связи между передаточными деталями и клапаном. На один клапан устанавливается одна или две пружины (внутренняя малая и наружная большая). Витки большой и малой пружин имеют противоположную навивку. Пружина надевается на стержень клапана и закрепляется на его конце

через опорную тарелку 9 с помощью разрезных конических сухарей 10.

Детали передачи механизма газораспределения передают движение распределительного вала клапанам. К этим деталям при подвесных клапанах относятся толкатель, штанга, коромысло с регулировочным болтом, валик коромысел со стойкой и распорными пружинами, а при боковых – толкатель с регулировочным болтом.

Толкатель (рис. 8) представляет собой цилиндрический стержень, нижняя часть которого воспринимает усилие кулачка распределительного вала. Для уменьшения веса толкатели часто делают пустотелыми. Толкатели предназначены для передачи усилия от распределительного вала через штанги к коромыслам. Толкатели перемещаются в направляющих втулках из антифрикционного чугуна или непосредственно в отверстиях блок-картера.

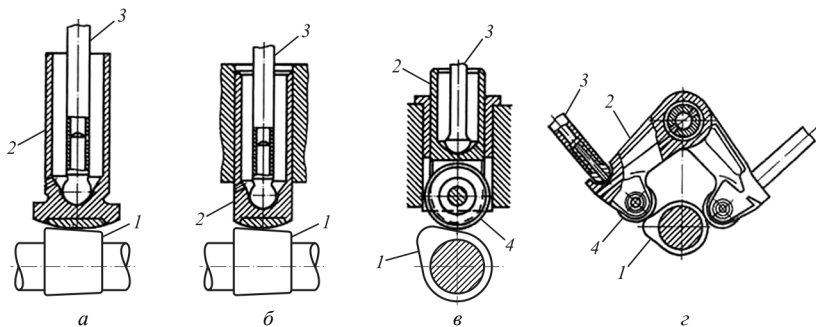


Рис. 8. Типы толкателей: *а* – грибовидный; *б* – цилиндрический; *в* – цилиндрический роликовый; *г* – рычажный роликовый; 1 – кулачок распределительного вала; 2 – толкатель; 3 – штанга; 4 – ролик

Для более равномерного износа опорной и направляющей (цилиндрической) поверхностей толкатель одновременно с прямолинейным совершает и вращательное движение – вокруг своей оси.

В двигателях ЗИЛ-508, ЗМЗ-511, КамАЗ-740, Д-245 применяют цилиндрические толкатели, установленные в специальных отверстиях – направляющих. В дизеле КамАЗ-740 применяют съемные направляющие. Внутренняя полость толкателя имеет сферическую поверхность под штангу и отверстие для слива масла. Для повышения работоспособности торцовую поверхность стальных толкателей в месте сопри-

косновения с кулачком наплавляют специальным износостойким чугуном.

Штанги. Для передачи усилия от толкателей к коромыслам служат штанги, которые изготавливают из стального прутка с закаленными концами (двигатели ЗИЛ-508) или стержня из алюминиевого сплава (двигатели ЗМЗ-511 и -4022) со стальными сферическими наконечниками.

В дизелях ЯМЗ, КамАЗ, Д-245 штанги делают обычно из стальной трубки. На концах штанг напрессовывают стальные сферические наконечники, которыми они, с одной стороны, упираются в сферические поверхности регулировочных винтов 15 (см. рис. 6), ввернутых в коромысла 14, а с другой – в толкатели.

Коромысла. Для передачи усилия от штанги к клапану служит коромысло (рис. 9), представляющее собой неравноплечий рычаг, изготовленный из стали или чугуна. Наличие длинного плеча коромысла (примерно в 1,5 раза больше короткого плеча) не только уменьшает ход толкателя и штанги, но и снижает силы инерции, возникающие при их движении, что способствует повышению долговечности деталей привода клапанов.

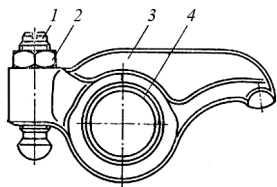


Рис. 9. Коромысло ГРМ в сборе: 1 – регулировочный винт; 2 – контргайка; 3 – коромысло; 4 – втулка

Коромысла обычно располагают на общей полой оси 13 (см. рис. 6), в конце которой запрессованы заглушки, что позволяет подводить масло к бронзовым втулкам коромысел и сферическим наконечникам регулировочных болтов 15. Оси 13 в сборе с коромыслами устанавливают на каждой головке цилиндра с помощью стоек 16. Иногда оси коромысел изготавливают как одно целое со стойками, тогда каждое коромысло качается на своей оси.

Распределительный вал (рис. 10) предназначен для своевременного открытия и закрытия клапанов в определенной последовательности, кулачки и опорные шейки распределительного вала отлиты заодно с ним.

Вал классической конструкции *кулачкового типа* имеет кулачки 5 управления впускными и выпускными клапанами и опорные шейки 6.

На валу может располагаться шестеренка привода масляного насоса и распределителя зажигания и эксцентрик привода топливного насоса карбюраторных двигателей. Валы изготавливаются из сталей методом штамповки или отливаются из высокопрочного чугуна, легированного хромом, никелем, молибденом и другими металлами. Шейки и кулачки вала шлифуются и подвергаются закалке отбеливанием или токами высокой частоты.

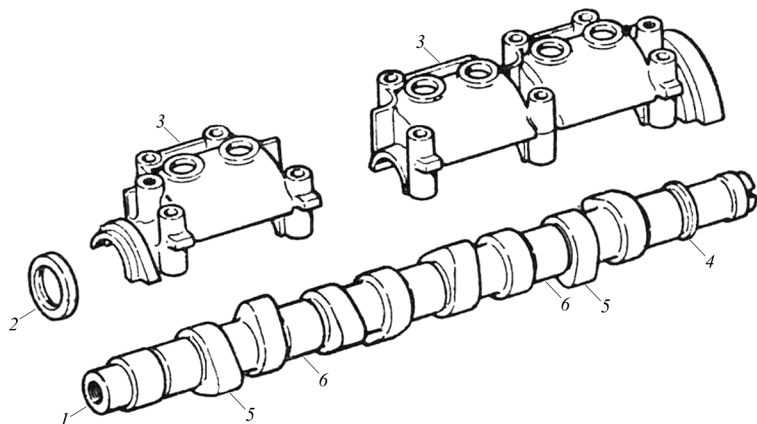


Рис. 10. Распределительный вал и крышки подшипников распределительного вала: 1 – распределительный вал; 2 – сальник; 3 – крышка подшипников; 4 – эксцентрик привода топливного насоса; 5 – кулачки; 6 – опорные шейки

Опорными шейками вал устанавливается в опорах (подшипниках скольжения) и закрепляется крышками. Опоры и крышки опор могут быть объединены между собой в *корпус подшипников распределительного вала*. От осевого перемещения распределительный вал удерживается упорным подшипником. Смазка опор осуществляется под давлением. Масло в подшипник поступает по каналам, выполненным в опорах и (или) в самом валу. Кулачки смазываются принудительно (под давлением) или разбрызгиванием.

Распределительный вал приводится в движение от коленчатого вала двигателя зубчатой передачей (шестернями), цепью или зубчатым ремнем. Если распределительный вал находится в головке блока цилиндров, то он приводится во вращение от коленчатого вала двигателя с помощью цепи или зубчатого ремня (рис. 11).

Распределительные шестерни необходимы для передачи вращения от коленчатого вала распределительному валу, масляному насосу и

другим агрегатам двигателя (рис. 11, а, б). Распределительные шестерни располагаются в специальном картере в передней или задней части двигателя. Для уменьшения уровня шумов шестерни выполняются косозубыми. С этой же целью их могут изготавливать из различных материалов. Например, на коленчатом валу устанавливают стальную шестерню, а на распределительном – чугунную (двигатели ЗИЛ) или текстолитовую (двигатели ЗМЗ).

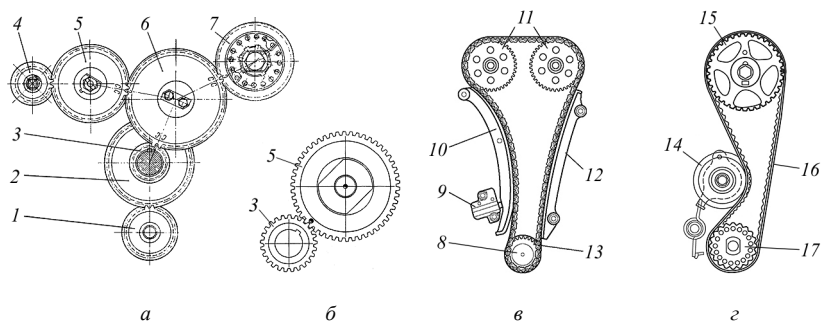


Рис. 11. Типы привода распределительного вала: а – зубчатый дизельного двигателя; б – зубчатый бензинового двигателя; в – цепной; г – ременный; 1 – ведомая шестерня привода масляного насоса; 2 – ведущая шестерня привода масляного насоса; 3 – шестерня коленчатого вала; 4 – шестерня привода масляного насоса гидроусилителя руля; 5 – шестерня распределительного вала; 6 – промежуточная шестерня; 7 – шестерня привода топливного насоса; 8 – звездочка коленчатого вала; 9 – натяжитель цепи; 10 – башмак натяжителя; 11 – звездочка распределительного вала; 12 – успокоитель; 13 – цепь; 14 – натяжной ролик; 15 – шкив распределительного вала; 16 – зубчатый ремень; 17 – шкив коленчатого вала

Так как клапаны открываются один раз за два оборота коленчатого вала, шестерня распределительного вала имеет в два раза больше зубьев, чем шестерня коленчатого вала. Аналогичное соотношение числа зубьев имеется у звездочек цепной и шкивов ременной передач.

Зубчатые колеса привода должны входить в зацепление между собой при строго определенном положении коленчатого и распределительного валов, что обеспечивает правильность заданных фаз газораспределения и порядка работы двигателя. Поэтому при сборке двигателя зубчатые колеса вводятся в зацепление по меткам на их зубьях (на впадине между зубьями колеса и на зубе шестерни).

Основные схемы ременного привода распределительных валов современных автомобилей показаны на рис. 12. Схемы привода меха-

низмов зависят от количества распределительных валов, расположения цилиндров двигателей, наличия балансирующих валов, количества вспомогательных механизмов и других факторов.

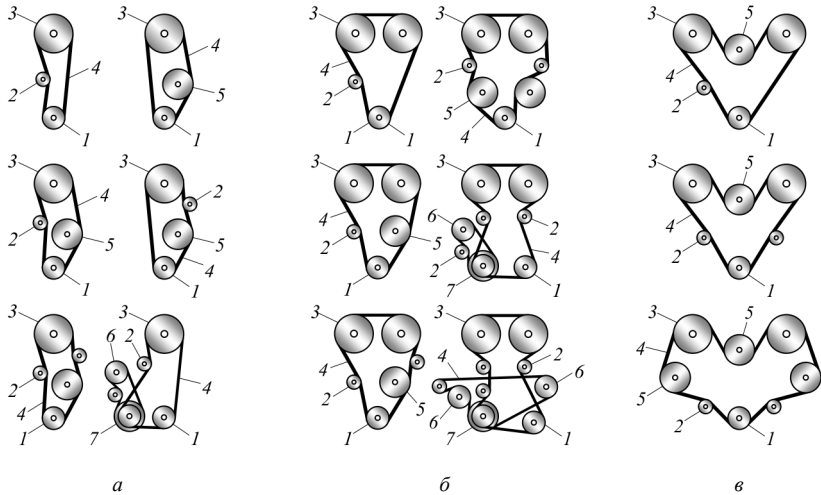


Рис. 12. Основные схемы ременного привода механизмов: *а* – двигателя с одним верхним распределительным валом; *б* – двигателя с двумя верхними распределительными валами; *в* – V-образного двигателя с двумя верхними распределительными валами; 1 – шкив коленчатого вала; 2 – натяжные и (или) паразитные ролики; 3 – шкив распределительного вала; 4 – ремень; 5 – шкив вала вспомогательных механизмов; 6 – шкив балансирующего вала; 7 – шкив генератора

3. ФАЗЫ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

В течение одного рабочего цикла четырехтактного двигателя впускной и выпускной клапаны открываются по одному разу. Для этого распределительный вал должен совершить один оборот, а коленчатый вал – два оборота.

При рассмотрении рабочих процессов ДВС в первом приближении было принято, что открытие и закрытие клапанов происходят при положении поршней в мертвых точках. Однако время, приходящееся на такты впуска и выпуска, очень мало, и при максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя оно составляет тысячные доли секунды. Поэтому если открытие и закрытие клапанов будут происходить точно в мертвых точках, то наполнение цилиндров горючей сме-

сью и очистка их от продуктов сгорания будут недостаточными. В связи с этим моменты открытия и закрытия клапанов в четырехтактных двигателях происходят с определенным опережением или запаздыванием относительно положения поршней в ВМТ и НМТ.

Периоды от момента открытия до момента закрытия клапанов, выраженные в градусах поворота коленчатого вала, называются *фазами газораспределения*, а их графическое изображение носит название *диаграммы фаз газораспределения* (рис. 13).

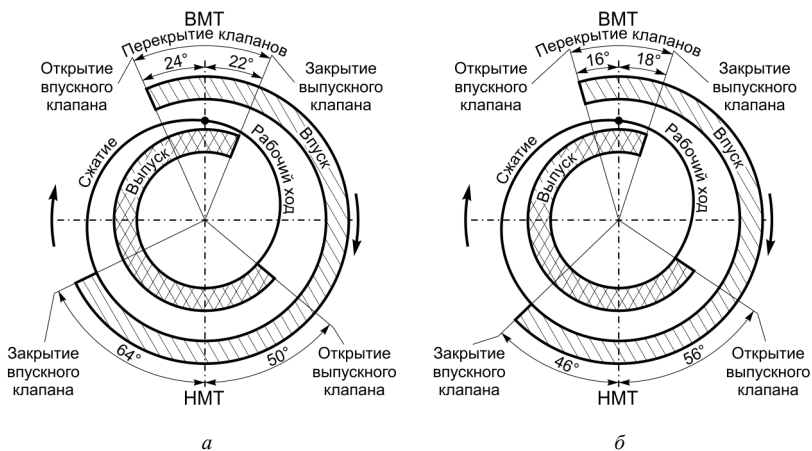


Рис. 13. Диаграмма фаз газораспределения: *a* – бензинового двигателя ЗМЗ-511; *б* – дизеля Д-243

Выпускной клапан всегда открывается со значительным опережением, т. е. прежде чем кривошип во время рабочего хода дойдет до крайнего нижнего положения. Опережение открытия этого клапана ($44...56^\circ$ окружности) позволяет продуктам сгорания выходить из цилиндра до того, как поршень начнет подниматься. Это предохраняет двигатель от перегрева и уменьшает потерю мощности, затрачиваемой на совершение такта выпуска. Чтобы лучше очистить цилиндр от отработавших газов, выпускной клапан закрывается с небольшим запаздыванием, т. е. после того, как кривошип отойдет от верхнего крайнего положения ($13...27^\circ$).

Впускной клапан открывается с небольшим опережением. В этом случае впускной и выпускной клапаны в течение короткого времени одновременно открыты (перекрытие клапанов). Опережение открытия

впускного клапана ($9...24^\circ$) обеспечивает его наибольший подъем к моменту поступления горючей смеси в цилиндр и лучшее наполнение цилиндра. Закрывается впускной клапан всегда со значительным запаздыванием ($46...64^\circ$) для того, чтобы увеличить наполнение цилиндра горючей смесью за счет его инерции и небольшого разрежения в цилиндре, когда поршень находится около мертвой точки.

Для правильной установки фаз газораспределения шестерни привода имеют метки, в соответствии с которыми соединяют шестерни распределительного механизма при сборке двигателя (рис. 14).

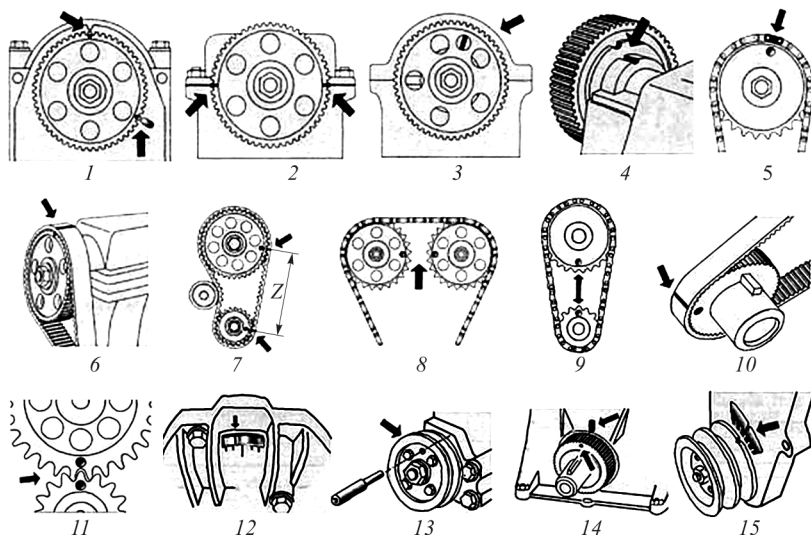


Рис. 14. Расположение меток фаз газораспределения на шкивах коленчатых и распределительных валов: 1 – метки на шкиве распределительного вала (РВ) и головке блока; 2 – метки на шкиве РВ (должны располагаться в плоскости клапанной крышки); 3 – метка на передней крышке двигателя (вид спереди через отверстие в зубчатом шкиве РВ); 4 – метка на задней части шкива и корпусе подшипников РВ; 5 – метка на звездочке РВ и метка на цепи (светлое или темное звено цепи); 6 – метка на шкиве РВ и ремне привода РВ; 7 – между метками на зубчатых шкивах коленчатого и распределительного валов должно быть регламентированное число Z зубьев ремня; 8 – метки на звездочках РВ (должны находиться друг против друга); 9 – метки на звездочках коленчатого и распределительного валов (должны находиться друг против друга); 10 – метка на шкиве коленчатого вала (КВ) и ремне ГРМ; 11 – метки на шестернях КВ и РВ (должны совпадать); 12 – метка ВМТ на маховике в окне картера сцепления; 13 – установочный штифт через отверстие в шкиве КВ должен попадать в отверстие в передней крышке; 14 – метка на зубчатом шкиве КВ и метка на корпусе/передней крышке двигателя; 15 – метка на шкиве КВ и метки на корпусе двигателя

4. СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Для получения оптимальных характеристик двигателя при различных частотах вращения коленчатого вала возникает необходимость управлять фазами газораспределения впускных и выпускных клапанов. При относительном увеличении времени (или степени) открытия впускного клапана улучшается наполнение цилиндра топливно-воздушной смесью. При относительном увеличении времени (или степени) открытия выпускного клапана улучшается очистка цилиндра от отработавших газов.

Существует достаточно много конструкций, позволяющих манипулировать работой клапанов. Регулирование фаз газораспределения механизма, показанного на рис. 15, достигается за счет осевого перемещения распределительного вала, у которого кулачки имеют криволинейный профиль в продольном и поперечном направлениях. При осевом перемещении распределительного вала одновременно с изменением высоты подъема клапана изменяется момент его открытия и закрытия, что приводит к сдвигу фазы газораспределения.

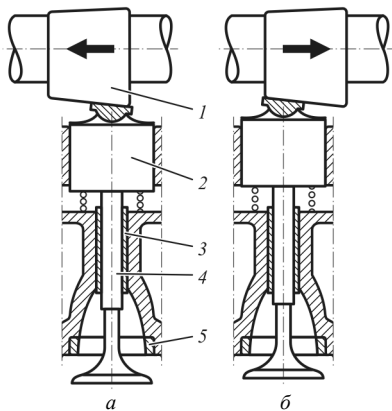


Рис. 15. Регулирование фаз изменением высоты подъема и моментом открытия клапанов: *a* – максимальная высота подъема клапана; *б* – минимальная высота подъема клапана; 1 – распределительный вал с кулачками, имеющими криволинейный профиль; 2 – цилиндрический толкатель; 3 – направляющая втулка клапана; 4 – клапан; 5 – седло клапана. (Стрелками показано направление осевого перемещения распределительного вала)

Система регулирования, показанная на рис. 16, позволяет плавно изменять фазы газораспределения в соответствии с условиями работы двигателя за счет поворота распределительного вала относительно звездочки привода в диапазоне $75...80^\circ$ угла поворота коленчатого вала для впускных клапанов и $50...55^\circ$ – для выпускных. При включении режима опережения (рис. 16, *a*) золотник управляющего клапана 3 по сигналу компьютера *F* перемещается в позицию опережения. Мо-

торное масло под давлением D поступает к ротору 2 со стороны полости опережения C , проворачивая ротор вместе с распределителем в направлении опережения A . При включении режима задержки (рис. 16, б) золотник управляющего клапана перемещается в позицию задержки. Масло из полости C уходит на слив E и одновременно под давлением поступает к ротору со стороны полости задержки B , проворачивая ротор в направлении задержки.

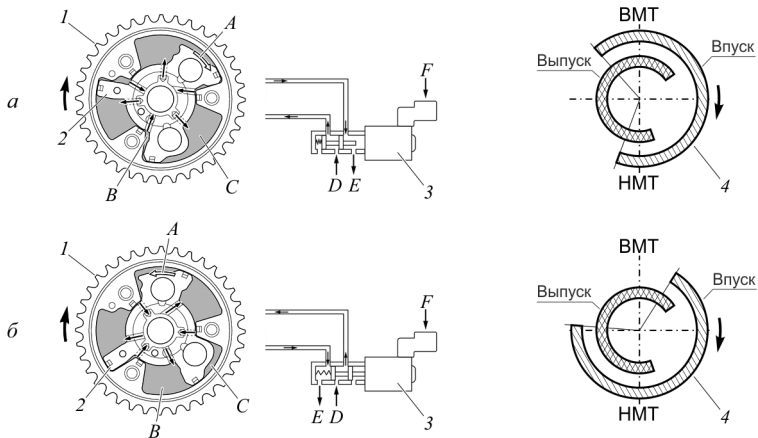


Рис. 16. Регулирование фаз поворотом распределительного вала относительно звездочки: a – режим опережения открытия клапана; $б$ – режим задержки открытия клапана; 1 – звездочка; 2 – ротор; 3 – управляющий клапан; 4 – диаграмма фаз газораспределения; A – направление поворота ротора; B – полость задержки; C – полость опережения; D – давление масла; E – слив масла; F – сигнал управления

5. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ЗАЗОРА В ПРИВОДЕ КЛАПАНОВ

По мере разогрева двигателя в процессе его работы наблюдается различная тепловая деформация блока, головки цилиндров и клапанного привода. В результате этого может не обеспечиваться плотная посадка клапана в седле, что отрицательно повлияет на выходные показатели двигателя и техническое состояние клапана. Для нормальной работы двигателя между деталями клапанного привода в холодном состоянии предусматривается тепловой зазор, значение которого зависит от температурного режима работы двигателя, конструкции ГРМ

и материалов деталей привода и двигателя. Для каждого конкретного двигателя тепловые зазоры устанавливают исходя из опытных данных. Тепловой зазор можно оценить соотношением $\Delta S_k = (0,03 \dots 0,05)h_T$, где h_T – максимальная высота подъема толкателя.

Когда зазор увеличен, клапаны открываются не полностью, в результате чего ухудшаются наполнение цилиндров свежим зарядом и очистка их от продуктов сгорания, а также возникают ударные нагрузки на детали клапанного механизма. При недостаточном зазоре клапаны неплотно садятся в седла (полностью не закрываются), вследствие чего происходит утечка газов, образование нагара с обгоранием рабочих поверхностей седла и клапана.

Тепловые зазоры и порядок их регулировки указаны в инструкциях по эксплуатации машин. У всех двигателей для впускных и выпускных клапанов на холодном двигателе зазоры между коромыслом и клапаном должны быть в пределах $0,25 \dots 0,3$ мм.

Для регулировки зазора в клапанном механизме восьмицилиндрового V-образного двигателя нужно установить поршень первого цилиндра в верхнюю мертвую точку (ВМТ) после такта сжатия. При этом отверстие на шкиве коленчатого вала (например, для ЗИЛ-130) должно находиться под меткой «ВМТ» на указателе установки момента зажигания, расположенном на датчике ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала. В этом положении регулируют зазоры следующих клапанов: оба первого цилиндра, выпускного четвертого, второго и пятого, впускного третьего, выпускного седьмого и восьмого цилиндров. Зазоры у остальных клапанов регулируют после поворота коленчатого вала на угол 360° , т. е. на полный оборот.

Зазоры в клапанном механизме регулируют на холодном двигателе регулировочным винтом с контргайкой, ввернутым в короткое плечо коромысла. Для этого между бойком коромысла и стержнем клапана помещают щуп (тонкую стальную пластину) толщиной в требуемый зазор. Ослабляют контргайку. Вращая отверткой винт, зажимают щуп, пока не возникнет усилие при его протягивании. Удерживая положение винта отверткой, зажимают контргайку. Затем эти операции повторяют в соответствии с порядком работы цилиндров.

6. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

1. Нарушение тепловых зазоров клапанов (на двигателях с регулируемым зазором).

2. Износ подшипников, кулачков распределительного вала.
3. Снижение упругости и поломка пружин клапанов.
4. Зависание клапанов.
5. Износ маслоотражающих колпачков, стержней клапанов, направляющих втулок.
6. Нагар на клапанах.

Самой серьезной неисправностью газораспределительного механизма является зависание клапанов, которое может привести к серьезным поломкам двигателя. Причин у неисправности две. Первая – применение некачественного топлива, сопровождающееся отложением смол на стержнях клапана. Вторая – резонанс, ослабление или поломка пружин клапанов. В этом случае при достижении поршнем верхней мертвой точки клапан не успевает сесть в седло.

Неисправности ГРМ достаточно сложно диагностировать, так как сходные внешние признаки могут соответствовать нескольким неисправностям. Нередко конкретная неисправность устанавливается непосредственным осмотром конструктивных элементов ГРМ со снятием крышки головки блока цилиндров.

Большинство неисправностей газораспределительного механизма приводит к нарушениям фаз газораспределения, при которых двигатель начинает работать нестабильно и не развивает номинальной мощности. Внешние признаки и соответствующие им неисправности ГРМ представлены в таблице.

Внешние признаки неисправности ГРМ

| Признаки | Неисправности |
|---|--|
| Металлический стук в головке блока цилиндров на малых и средних оборотах. Снижение мощности двигателя | Нарушение теплового зазора клапанов. Износ подшипников, кулачков распределительного вала |
| Шум в районе привода распределительного вала. Выстрелы в глушитель | Износ и удлинение цепи (ремня) привода распределительного вала. Износ зубчатого шкива привода |
| Синий дым отработавших газов. Снижение уровня масла в картере двигателя; Снижение мощности двигателя | Износ маслоотражающих колпачков, стержней клапанов, направляющих втулок. Неисправности КШМ |
| Звонкие металлические стуки (детонационные стуки) при разгоне трактора. Работа двигателя с перебоями | Нагар на клапанах. Неисправности КШМ. Топливо низкого качества |
| Кратковременные провалы в работе холодного двигателя. Снижение мощности двигателя. Перегрев двигателя | Снижение упругости и поломка пружин клапанов. Зависание клапанов |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностирование автомобилей. Практикум: учеб. пособие / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2011. – 207 с.
2. Карташевич, А. Н. Двигатели внутреннего сгорания. Основы теории и расчета: учеб. пособие / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок. – Горки: БГСХА, 2011. – 312 с.
3. Карташевич, А. Н. Тракторы и автомобили. Конструкция: учеб. пособие / А. Н. Карташевич, О. В. Понталев, А. В. Гордеенко. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2013. – 311 с.
4. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учеб. пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыга, А. В. Гордеенко. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2015. – 420 с.
5. Устройство тракторов: учеб. пособие / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск: РИПО, 2016. – 444 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. Назначение и классификация механизма..... | 3 |
| 2. Конструкция деталей ГРМ | 9 |
| 3. Фазы газораспределения..... | 16 |
| 4. Системы регулирования фаз газораспределения..... | 19 |
| 5. Регулирование теплового зазора в приводе клапанов | 20 |
| 6. Основные неисправности газораспределительного механизма..... | 21 |
| Библиографический список..... | 23 |