

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ, КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО И ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В процессе эксплуатации возникают неисправности и отказы в работе составных частей машин. Важно научиться определять их как по внешним качественным признакам, так и с помощью диагностических средств.

Неисправности двигателя чаще всего возникают вследствие нарушения тепловых и нагрузочных режимов работы, герметичности внутренних полостей, а также использования некачественных сортов топлива и масла.

Предупреждение отказов, их оперативное устранение снижают простой машин по техническим причинам, увеличивают их производительность, что положительно влияет на сроки выполнения работ и способствует получению дополнительной прибыли производителями сельскохозяйственной продукции.

Цель работы: освоение операций диагностирования и технического обслуживания цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов дизельных двигателей тракторов «Беларус».

Задачи:

- изучить неисправности цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов дизельных двигателей тракторов «Беларус» и их внешние признаки;

- изучить порядок технического обслуживания цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, а также методику обнаружения и устранения основных неисправностей;

- приобрести навыки технического обслуживания и определения технического состояния цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов дизельных двигателей.

Оборудование и приспособления: тракторы «Беларус-820» и «Беларус-1221», комплект средств диагностирования цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, набор слесарного инструмента, обтирочный материал.

1.1. Неисправности цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, их внешние признаки

Цилиндропоршневая группа (ЦПГ) работает в самых тяжелых условиях. Ее детали выполняют наиболее ответственные функции в рабочем процессе двигателя. Поршневые кольца и гильзы должны создавать достаточно герметичное рабочее пространство цилиндра, интенсивно отводить теплоту от поршней; маслосъемные кольца должны обеспечивать образование равномерной масляной пленки на трущихся поверхностях и не допускать попадания масла в камеру сгорания.

По мере изнашивания цилиндропоршневой группы, а также при закоксовывании колец или их поломке герметичность рабочего объема цилиндра становится недостаточной.

Утечки из-за нарушения герметичности ЦПГ приводят к уменьшению давления и температуры сжатого воздуха или топливоздушнoй смеси в конце такта сжатия. Следствием этого являются затрудненный пуск (топливо не самовоспламеняется) и перебои в работе двигателя.

При сгорании топливоздушнoй смеси газы под большим давлением прорываются в картер, откуда выходят в атмосферу через сапун. Из-за повышенного прорыва газов уменьшается давление их на поршень, что приводит к снижению мощности двигателя.

С износом деталей, потерей упругости колец увеличивается количество масла, проникающего в надпоршневое пространство и сгорающего там под действием высокой температуры.

Попадание масла в камеру сгорания вызывает образование нагара на днищах поршней и головке цилиндров и затрудняет отвод теплоты через стенки цилиндров. Сгорание масла изменяет цвет отработавших газов – они становятся синеватого цвета.

Таким образом, *внешними признаками неисправности цилиндропоршневой группы* являются: дымление из сапуна, перерасход масла, затрудненный пуск двигателя, снижение его мощности, белый дым при пуске, синий – при работе.

Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) работает в условиях больших знакопеременных нагрузок. Основным фактором, влияющим на работу кривошипно-шатунного механизма, является зазор между шейками коленчатого вала и вкладышами (коренными и шатунными), а также между поршневым пальцем и втулкой верхней головки шатуна.

С увеличением зазора нарушаются условия жидкостного трения, возрастают динамические нагрузки, которые постепенно приобретают

ударный характер. Давление масла в магистрали двигателя понижается, так как облегчается его протекание через увеличенные зазоры подшипников коленчатого вала.

Внешними признаками увеличения зазоров являются понижение давления масла (при исправной системе смазки), а также стуки в зоне коленчатого вала, прослушиваемые на определенных режимах с помощью автостетоскопа.

Газораспределительный механизм (ГРМ). В процессе эксплуатации двигателя герметичность рабочего объема цилиндра может нарушаться также из-за неплотности прилегания клапанов вследствие подгорания их фасок и рабочих фасок гнезд в головке цилиндров, из-за негерметичности стыка головки и блока и прогорания прокладки, из-за нарушения теплового зазора между клапаном и его приводом.

В процессе эксплуатации двигателя происходит нарушение регулировки теплового зазора в клапанах.

При увеличенном зазоре сокращается продолжительность нахождения клапанов в открытом состоянии, это снижает наполнение цилиндра воздухом или топливовоздушной смесью, что приводит к снижению мощности двигателя. Кроме того, возрастает ударная нагрузка на сопряжение седло – клапан и происходит интенсивный износ бойка коромысла и стержня клапана, возникают стуки в зоне клапанного механизма.

При уменьшенном зазоре тарелки клапанов неплотно прилегают к седлам, что приводит к выгоранию фасок клапанов и седел и нарушению герметичности цилиндров.

По мере изнашивания зубчатых колес механизма газораспределения, подшипников и кулачков распределительного вала нарушаются фазы газораспределения, что приводит к снижению мощности двигателя или детонации при его работе.

Маслосъемные колпачки клапанов в процессе работы теряют свою эластичность, изнашиваются и перестают качественно снимать масло со стержня клапана. В результате масло по клапану попадает в камеру сгорания, что проявляется появлением из выхлопной трубы дыма синего цвета и ведет к повышенному расходу масла.

Протекающее масло выгорает на раскаленных клапанах, и постепенно клапаны покрываются нагаром, каналы впуска и выпуска становятся уже, и двигатель постепенно теряет мощность из-за ухудшения наполнения цилиндров воздухом. Нагар может привести к падению компрессии, сбоям в работе двигателя (двигатель начнет троить), может прогореть выпускной клапан.

Внешними признаками неисправности газораспределительного механизма являются: стуки в зоне клапанного механизма, затрудненный запуск двигателя, снижение мощности и перебои в его работе, появление синего дыма.

Многовариантность причин, вызывающих одни и те же последствия, обуславливает необходимость при поиске неисправности определенными действиями исключать из рассмотрения исправные составные части, пока не будет обнаружена неисправность.

1.2. Диагностирование двигателя по стукам в механизмах

Прослушивание стуков выполняют автостетоскопом на прогретом двигателе при частоте вращения на холостом ходу $600...800 \text{ мин}^{-1}$. Обращают внимание на значение давления масла в главной масляной магистрали, снижение его к моменту возникновения шумов или стуков. В этом случае обращают внимание на область коренных и шатунных подшипников.

Наиболее характерные зоны прослушивания показаны на рис. 1.1.

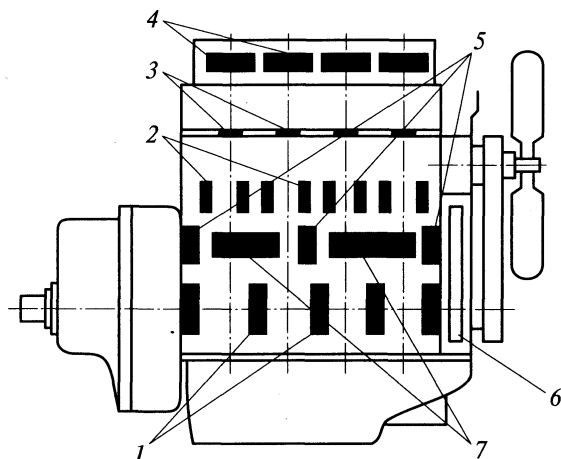


Рис. 1.1. Места прослушивания стуков в соединениях двигателя:
1 - коленчатый вал - коренной подшипник; 2 - толкатель - втулка;
3 - клапан - днище поршня; 4 - боек коромысла - стержень клапана;
5 - распределительный вал - подшипник; 6 - распределительные шестерни; 7 - кулачок распределительного вала - толкатель

Зона коренных шеек коленчатого вала прослушивается при номинальной частоте вращения его с периодическим увеличением до максимальной. При износе коренных и шатунных вкладышей коленчатого вала будет слышаться глухой металлический стук среднего тона, усиливающийся в момент резкого нажатия на педаль управления подачей топлива.

Прослушивание по всей высоте цилиндров при малой частоте вращения коленчатого вала позволяет определить износ сопряжения гильза – поршень по приглушенному металлическому стуку.

Дребезжащий металлический стук глухого тона в зоне нижней мертвой точки (НМТ) поршня показывает на износ сопряжения поршень – поршневое кольцо.

Звонкий металлический стук высокого тона, усиливающийся в момент увеличения оборотов в зоне верхней мертвой точки (ВМТ) поршня, указывает на износ поршневых пальцев, отверстий в бобышке поршня или в верхней головке шатуна.

При наличии повышенного уровня стуков в области кривошипно-шатунного механизма останавливают двигатель, вскрывают фильтр центробежной очистки масла и изучают состав отложений в роторе. Если на внутренней поверхности ротора обнаруживают продукты износа, то снимают поддон картера и проводят контрольный осмотр деталей кривошипно-шатунного механизма.

Зона клапанного механизма прослушивается при малой частоте вращения коленчатого вала. При увеличенном тепловом зазоре в клапанном механизме будет слышаться металлический стук высокого тона.

При наличии повышенного уровня стука в зоне клапанного механизма останавливают двигатель, вскрывают крышку газораспределительного механизма, внимательно осматривают стойки коромысел, пружины, клапаны и убеждаются в правильности тепловых зазоров.

1.3. Диагностирование цилиндропоршневой группы двигателя

1.3.1. Диагностирование цилиндропоршневой группы по расходу картерных газов

Расход газов, прорвавшихся через зазоры цилиндропоршневой группы в картер двигателя, определяют индикатором КИ-13671 (рис. 1.2). Индикатор состоит из корпуса б, к которому с помощью

удлинителя 3 присоединен сигнализатор 1. Нижней частью корпус индикатора вставляется в маслозаливную горловину двигателя.

Сигнализатор 1 представляет собой полый цилиндр из прозрачного органического стекла, внутри которого помещен эбонитовый поршень с риской в средней части. Замер производится при совпадении риски на поршне с рисккой на сигнализаторе.

На боковой поверхности корпуса имеется выполненное по окружности отверстие-щель шириной 4 мм, которое перекрывается крышкой 5. На крышке нанесена шкала 8 с делениями, по которой определяют величину расхода картерных газов.

На верхней поверхности корпуса также расположено отверстие, закрытое колпачком 9, которое предназначено для увеличения проходного сечения индикатора.

Измерение расхода картерных газов проводят в следующем порядке. Двигатель прогревают до номинального теплового режима (85...90 °С), снимают крышку с маслозаливной горловины двигателя, герметизируют сапуны (затыкают шланги сапунов колпачками) и отверстие под масломерную линейку.

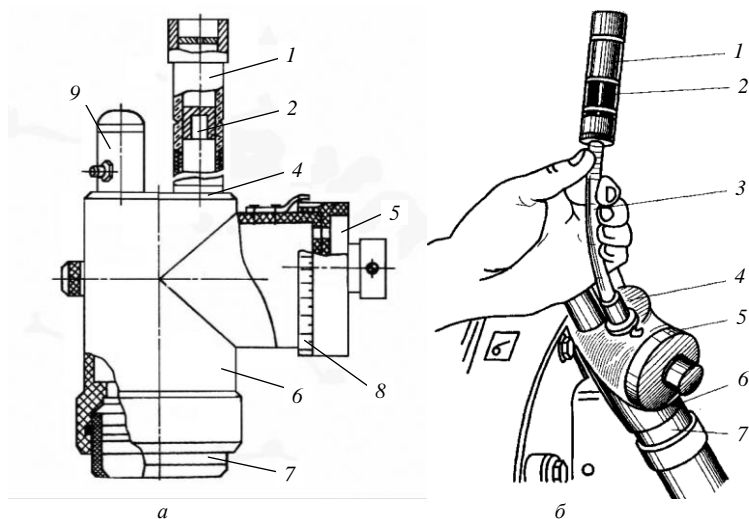


Рис. 1.2. Устройство индикатора КИ-13671 (а) и измерение расхода картерных газов индикатором КИ-13671 (б): 1 – сигнализатор; 2 – поршень сигнализатора; 3 – удлинитель; 4 – патрубкок; 5 – крышка; 6 – корпус; 7 – переходник; 8 – шкала; 9 – колпачок

Устанавливают индикатор в маслозаливную горловину, предварительно убедившись в свободном перемещении поршня в сигнализаторе. В сигнализаторе также не должно быть следов влаги, масла, частиц пыли. При измерении сигнализатор удерживают рукой в вертикальном положении.

Устанавливают номинальную частоту вращения коленчатого вала. Медленно вращают крышку индикатора. При этом открывается отверстие в корпусе, через него выходит часть картерных газов, и уменьшается давление на поршень сигнализатора. Рука, поворачивающая крышку, не должна препятствовать выходу газов через отверстие.

Фиксируют момент совпадения середины поршня с риской на корпусе сигнализатора (момент соответствует равновесию давления газов в картере и индикаторе) и определяют текущий расход газов по шкале, нанесенной на крышке.

Измерения проводят трижды и определяют среднее значение расхода газов. Сравнивают расход картерных газов с нормативными значениями (табл. 1.1). Если измеренное значение превышает предельное, цилиндропоршневую группу ремонтируют.

Таблица 1.1. Нормативные значения расхода картерных газов

Марки тракторов и комбайнов	Марка двигателя	Номинальная частота вращения коленчатого вала, об/мин	Расход картерных газов, л/мин		
			номинальный	допустимый	предельный
Беларус-1523	Д-260.1	2100	65	110	140
Беларус-1221	Д-260.2	2100	60	100	130
Беларус-950/952	Д-245.5	1800	29	68	96
Беларус-80.1/82.2	Д-243	2200	28	68	95
УЭС-280 «Полесье»	ЯМЗ-238БК-3	1700	85	120	240
КЗС-1218 «Полесье»	ЯМЗ-238ДЕ-22	1700	90	130	240
КВК-800 «Полесье»	Д-280-152	2100	90	120	230

Если расход картерных газов превышает пределы измерений индикатора (160...180 л/мин), необходимо открыть колпачок дополнительного отверстия на верхнем торце корпуса. Значение расхода картерных газов Q (л/мин) в этом случае определяется по формуле

$$Q = 1,08Q_{\text{шкалы}} + 100.$$

После окончания диагностирования необходимо разгерметизировать сапуны и закрыть маслозаливную горловину двигателя.

1.3.2. Диагностирование цилиндропоршневой группы по компрессии в цилиндрах двигателя

Компрессия – это максимальное давление воздуха или топливо-воздушной смеси в цилиндре двигателя в конце такта сжатия. От компрессии зависит эффективность процесса сгорания топлива, оказывающая существенное влияние на мощностные и экономические показатели двигателя. Компрессия в цилиндрах бензиновых и дизельных двигателей должна соответствовать значениям, указанным в табл. 1.2.

Таблица 1.2. Нормативные значения компрессии в цилиндрах двигателя

Тип двигателя	Нормативное давление, МПа (кгс/см ²)	
	номинальное	предельное
Дизельный	2,8...4,0 (28...40)	2,2...3,3 (22...33)
Бензиновый карбюраторный	0,75...0,8 (7,5...8,0)	0,65 (6,5)
Бензиновый инжекторный	1,1...1,6 (11...16)	0,9 (9,0)

Снижение компрессии может быть вызвано износом гильз цилиндров, поршней и компрессионных поршневых колец, закоксовыванием поршневых колец, негерметичностью впускных и выпускных клапанов из-за прогорания клапана, разрегулированием теплового зазора в клапанном механизме, короблением головки блока цилиндров, дефектами прокладки головки блока цилиндров, трещинами в головке блока цилиндров, нарушением герметичности уплотнений форсунок и др.

Внешние признаки неисправности: затрудненный пуск двигателя, неустойчивая работа его, падение мощности, наличие хлопков во впускном или выпускном тракте, увеличенный расход топлива и масла, синий (сизый) цвет отработавших газов.

Для проверки давления в двигателях используют компрессометры (рис. 1.3). Компрессометры для бензиновых двигателей вставляются конусным резиновым наконечником в свечное отверстие или вворачиваются в него с помощью резьбовых адаптеров.

Компрессометры для дизельных двигателей обязательно должны иметь адаптеры, компенсирующие объем вывернутой из цилиндра форсунки или свечи накала. Если адаптеры не использовать, то изменится объем камеры сгорания и компрессометр может показать низкую компрессию даже на исправном двигателе.

Измерение компрессии проводят в следующем порядке. Устанавливают рычаг переключения передач в нейтральное положение и затормаживают трактор стояночным тормозом.



Рис. 1.3. Компрессометры: *а* – для бензиновых двигателей;
б – для дизельных двигателей

Проверяют техническое состояние аккумуляторной батареи и стартера. Показания компрессометра зависят от частоты вращения коленчатого вала, и при разряженной аккумуляторной батарее (низкой частоте вращения стартера) прибор покажет низкую компрессию.

Выполняют техническое обслуживание воздушного фильтра, так как низкая компрессия может быть вызвана плохим наполнением цилиндров воздухом из-за загрязненного воздушного фильтра.

Проверяют тепловой зазор между бойком коромысла и торцом стержня клапана, так как увеличение теплового зазора приводит к меньшему открытию клапанов и ухудшению наполнения цилиндра воздухом, а уменьшение зазора может привести к неполному закрытию клапана и снижению герметичности камеры сгорания.

Запускают двигатель и прогревают его до номинального теплового режима (85...90 °С). У бензинового двигателя снимают наконечник с катушки зажигания для предотвращения образования искры и выхода катушки зажигания из строя, снимают наконечники проводов со свечей зажигания и отключают подачу топлива, чтобы топливо не смывало масло со стенок цилиндра. У дизельного двигателя отключают подачу топлива.

Очищают ветошь и продувают сжатым воздухом углубления для свечей зажигания или форсунок в головке блока цилиндров, выворачивают все свечи зажигания или форсунки. Проворачивают коленчатый вал двигателя стартером до прекращения появления из камеры сгорания цилиндров следов копоти.

Присоединяют адаптер компрессометра к свечному или форсуночному отверстию и, проворачивая коленчатый вал двигателя стартером в течение 5 с, фиксируют по манометру прибора максимальное давление в цилиндре. Для повышения точности измерения его проводят трижды.

У бензинового двигателя при измерении компрессии должна быть полностью открыта дроссельная заслонка (нажата до упора педаль управления дроссельной заслонкой).

Сбрасывают показание манометра, нажав пальцем на обратный клапан прибора, и проводят аналогичные измерения во всех цилиндрах двигателя.

Разность показаний в отдельных цилиндрах не должна превышать 0,2 МПа для дизельных и 0,1 МПа для бензиновых двигателей.

Сравнивают полученные значения с нормативными. Неравномерность компрессии в цилиндрах дизельного двигателя допускается до 8 %. Резкое снижение (на 30...40 %) компрессии в цилиндре указывает на поломку поршневых колец или залегание их в поршневых канавках и является ориентировочным показателем оценки технического состояния деталей цилиндропоршневой группы.

Кроме того, следует учесть, что снижение компрессии может быть вызвано причинами, не связанными с износом цилиндропоршневой группы:

- негерметичностью впускных и выпускных клапанов в результате прогорания клапанов, разрегулирования теплового зазора в клапанном механизме, износа направляющих втулок клапанов, деформации стержня клапана;

- нарушением герметичности уплотнений форсунок и свечей зажигания;

- наличием трещин в головке блока цилиндров;

- короблением привалочной поверхности головки блока цилиндров;

- наличием дефектов прокладки головки блока цилиндров.

Для уточнения мест нарушения герметичности цилиндра необходимо открыть крышку расширительного бачка радиатора, крышку маслозаливной горловины или отсоединить входной патрубок впускного коллектора, подать сжатый воздух в форсуночное или свечное отверстие и по шуму выходящего воздуха или визуально определить место или места выхода воздуха:

- выход воздуха только из маслозаливного отверстия или гнезда масляного щупа свидетельствует о негерметичности цилиндропоршневой группы (износе или залегании поршневых колец, разрушении поршня);

- выход воздуха из впускной системы свидетельствует о негерметичности впускного клапана (прогорание или неправильная работа клапанного механизма);

- выход воздуха из глушителя свидетельствует о негерметичности выпускного клапана (прогар или неправильная работа клапанного механизма);

- выход воздуха из соседнего свечного или форсуночного отверстия свидетельствует о негерметичности прокладки головки блока цилиндров или трещине в блоке цилиндров;

- воздушные пузырьки или резкое увеличение уровня жидкости в расширительном бачке радиатора свидетельствуют о негерметичности между блоком цилиндров и головкой блока цилиндров из-за прогорания прокладки, трещины в головке блока цилиндров или блоке цилиндров.

1.3.3. Оценка герметичности надпоршневого пространства цилиндров двигателя

Негерметичность надпоршневого пространства цилиндров вызывает увеличение расхода топлива, снижение мощностных показателей, затрудняет пуск и приводит к неравномерной работе двигателя.

Для определения неплотностей в соединениях кольцо – цилиндр и клапан – седло используют анализатор герметичности цилиндров КИ-5973 или АГЦ-2 (рис. 1.4), которым измеряется вакуумметрическое давление (разрежение), создаваемое при движении поршня вниз на такте расширения.

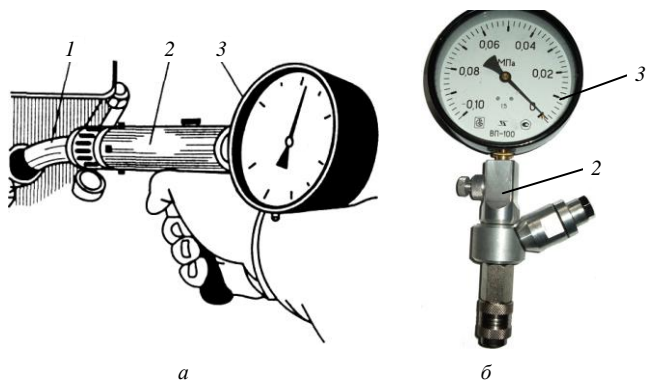


Рис. 1.4. Анализаторы герметичности цилиндров КИ-5973 (а) и АГЦ-2 (б):
1 – наконечник; 2 – корпус; 3 – вакуумметр

Для диагностирования цилиндропоршневой группы проводят подготовительные операции, аналогичные измерению компрессии.

Диагностирование выполняют при следующих вариантах измерения разрежения: при выпуске воздуха в атмосферу и герметизации надпоршневого пространства.

При измерении разрежения с выпуском воздуха в атмосферу устанавливают в свечное или форсуночное отверстие переходник (входит в комплект прибора), в который вставляют наконечник прибора. Проворачивая коленчатый вал стартером в течение 8...10 с, фиксируют по вакуумметру максимальное разрежение. Сбрасывают показание вакуумметра, нажав на выпускной клапан прибора, и проводят аналогичные измерения в остальных цилиндрах.

Для измерения разрежения при герметизации надпоршневого пространства выворачивают из корпуса прибора штуцер клапана сброса вакуума и извлекают клапанный узел с пружиной. Затягивают контргайку клапана изоляции надпоршневого пространства от атмосферы и собирают прибор в обратной последовательности. Устанавливают в свечное или форсуночное отверстие переходник и наконечник прибора и проводят измерения во всех цилиндрах.

Сравнивают измеренные значения с данными табл. 1.3 и определяют возможные неисправности.

Таблица 1.3. Нормативные значения разрежения в цилиндре на такте сжатия

Тип двигателя	Разрежение на такте сжатия, МПа (кгс/см ²)		Неисправность
	при выпуске воздуха в атмосферу	при изоляции надпоршневого пространства	
Дизельный	Более 0,078 (0,78)	Более 0,025 (0,25)	Предельный износ поршневых колец
	0,070...0,078 (0,70...0,78)	0,017...0,025 (0,17...0,25)	Предельный износ гильзы цилиндра
	Менее 0,07 (0,70)	Менее 0,017 (0,17)	Нарушение герметичности соединения клапан – седло
Бензиновый	Более 0,072 (0,72)	Более 0,036 (0,36)	Предельный износ поршневых колец
	0,064...0,072 (0,64...0,72)	0,028...0,036 (0,28...0,36)	Предельный износ гильзы цилиндра
	Менее 0,064 (0,64)	Менее 0,028 (0,28)	Нарушение герметичности соединения клапан – седло

1.3.4. Оценка герметичности цилиндров пневмотестером

С помощью пневмотестера определяется степень износа цилиндропоршневой группы, оценивается плотность прилегания клапанов к седлам, целостность прокладки головки блока цилиндров и т. д. путем анализа падения величины давления сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр двигателя.

Пневмотестер (рис. 1.5) состоит из корпуса 1, входного штуцера 2, регулятора давления подаваемого воздуха 3, манометра для контроля входного давления 4, поступающего от компрессора, манометра для измерения давления в надпоршневом пространстве цилиндра 5, выходного штуцера 6 и штуцера продувочного канала 7.

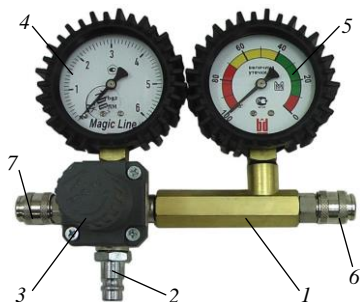


Рис. 1.5. Пневмотестер: 1 – корпус; 2 – входной штуцер; 3 – регулятор давления подаваемого воздуха; 4 – манометр для контроля входного давления; 5 – манометр для измерения давления в надпоршневом пространстве цилиндра; 6 – выходной штуцер; 7 – штуцер продувочного канала

В корпусе прибора имеется специальный жиклер, подобранный таким образом, что он способен пропускать через себя определенное фиксированное количество воздуха и создавать перепад давления на втором манометре, который фиксирует утечки воздуха через зазоры в цилиндре двигателя.

Процедура диагностики проводится при наличии компрессора, способного создавать давление 0,6...1,0 МПа. Перед диагностированием прогревают двигатель до рабочей температуры и выворачивают свечи зажигания или форсунки.

Устанавливают поршень проверяемого цилиндра в положение верхней мертвой точки в такте сжатия.

Подключают шланг пневмотестера (при необходимости с соответствующим адаптером) к свечному отверстию проверяемого цилиндра (на бензиновом двигателе) или к отверстию для форсунки (на дизельном двигателе), не подключая пока его к самому пневмотестеру.

Устанавливают регулятор давления подаваемого воздуха (левый манометр) на минимальную величину (во избежание выхода из строя манометров при подаче воздуха).

Подключают пневмотестер через входной штуцер к источнику сжатого воздуха (компрессору или пневмосети). К быстроръемной муфте пневмотестера подключают шланг, соединенный с тестируемым цилиндром. С помощью регулятора давления плавно увеличивают давление до рабочего, указанного в документации на прибор (в зависимости от марки прибора – 0,1...0,6 МПа).

По цветной шкале правого манометра считывают показания давления в цилиндре. Шкала манометра может быть отградуирована в единицах давления (МПа) или в процентах утечки от заданной величины давления подачи воздуха.

Кроме того, на шкале нанесены цветные сектора, показывающие области хорошего, удовлетворительного состояния цилиндра и область критической утечки.

Отсоединяют пневмотестер и повторяют процедуру измерения для всех цилиндров. Перед отсоединением пневмотестера от цилиндра или от источника сжатого воздуха необходимо установить регулятор давления подаваемого воздуха на минимальную величину (во избежание выхода из строя манометров).

Сравнивают измеренные значения с данными табл. 1.4 и определяют состояние цилиндров двигателя. Отклонение показаний по всем цилиндрам не должно превышать 10...15 %.

Таблица 1.4. Состояние цилиндра двигателя в зависимости от величины утечек

Величина утечки, %	Зона шкалы	Состояние цилиндра двигателя
10...40	Зеленая	Хорошее состояние – величина утечки соответствует новому двигателю или двигателю с хорошим техническим состоянием
40...70	Желтая	Удовлетворительное состояние – величина утечки достаточно велика, необходимо более детальное исследование для выявления места утечки, рекомендуется проведение ремонтных работ
70...100	Красная	Критическая утечка – в цилиндре присутствуют неисправности, наличие которых влечет необходимость капитального ремонта

Если величина утечки превышает 40–60 % рекомендуется провести дополнительные исследования для выявления мест утечек.

1.4. Диагностирование кривошипно-шатунного механизма

1.4.1. Определение суммарных зазоров в сопряжениях кривошипно-шатунного механизма

Суммарный зазор в сопряжениях кривошипно-шатунного механизма определяется суммой зазоров в нижней головке шатуна (между вкладышем и шатунной шейкой коленчатого вала) и верхней головке шатуна (между втулкой шатуна и поршневым пальцем).

Суммарный зазор в сопряжениях кривошипно-шатунного механизма измеряется прибором КИ-11140 (рис. 1.6), который состоит из индикатора 1, индикаторного штатива 2, основания 3, быстросъемного фланца 4, наконечника 5, оправки 6 и струны 7.

Основание 3 предназначено для крепления с помощью винта 8 оправки 6 со струной 7 и сообщения надпоршневого пространства двигателя с рессиверами компрессорно-вакуумной установки.

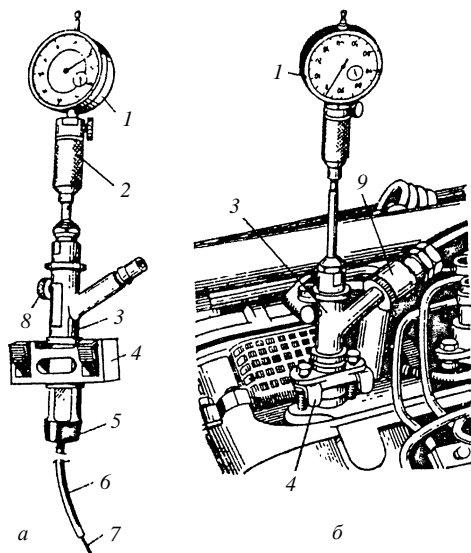


Рис. 1.6. Прибор КИ-11140 (а)
и его применение (б):
1 – индикатор; 2 – индикаторный штатив; 3 – основание;
4 – быстросъемный фланец;
5 – наконечник; 6 – оправка;
7 – струна; 8 – винт; 9 – штангенциркуль

Для крепления основания на двигателе необходимо плотно прижать его к форсуночному отверстию через фланец, надетый на шпильку, нажать на загнутый торец скобы, которая, входя во впадины резьбы, обеспечивает надежное крепление основания на двигателе.

Работа устройства КИ-11140 должна осуществляться от компрессорно-вакуумной установки, обеспечивающей давление воздуха 0,06...0,1 МПа и разрежение до 0,1 МПа.

Чтобы измерить зазоры, нужно с двигателя снять форсунки, установить поршень проверяемого цилиндра в верхнюю мертвую точку на такте сжатия и застопорить коленчатый вал, закрепить устройство в головке вместо форсунки (рис. 1.6, б), предварительно ослабив стопорный винт и приподняв индикаторный штатив с индикатором, оправкой и струной вверх.

Затем опустить оправку до упора струны в днище поршня (с натягом) и зафиксировать ее стопорным винтом.

Далее следует присоединить распределительный трубопровод 2 компрессорно-вакуумной установки (рис. 1.7) к штуцеру пневматического приемника устройства КИ-11140.

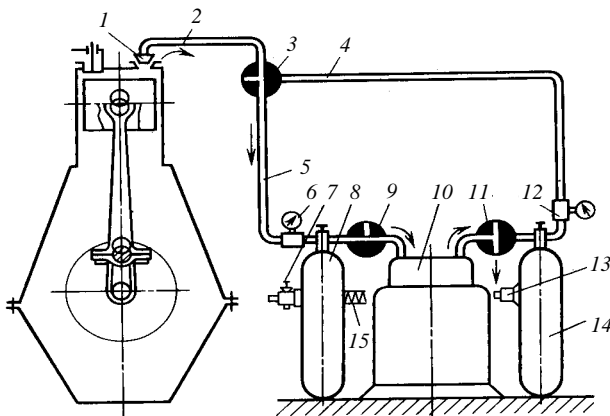


Рис. 1.7. Компрессорно-вакуумная установка: 1 – наконечник; 2 – распределительный трубопровод; 3 – распределительный кран; 4 – нагнетательный трубопровод; 5 – всасывающий трубопровод; 6 – вакуумметр; 7 – вентиль; 8 – ресивер разрежения; 9, 11 – краны; 10 – компрессор; 12 – регулятор давления; 13 – предохранительный клапан; 14 – ресивер давления; 15 – регулятор вакуума

Включить компрессорно-вакуумную установку и при различных режимах работы, обеспечивающих создание в одном ресивере давления, а в другом – разрежения воздуха, установить поворотом рукоятки редуктора давление на выходе из ресивера 0,06...0,1 МПа и разрежение не менее 0,06 МПа.

Давление контролируется по манометру, а разрежение – по вакуумметру компрессорно-вакуумной установки.

С помощью крана *11* соединить ресивер *14* сжатого воздуха с надпоршневым пространством и настроить индикатор на нуль. Затем, соединив ресивер 8 разреженного воздуха с надпоршневым пространством, зафиксировать показание индикатора. Если суммарный зазор (табл. 1.5) хотя бы у одного шатуна превышает допустимое значение, двигатель подлежит ремонту.

Таблица 1.5. Номинальные и предельные зазоры в кривошипно-шатунном механизме

Двигатель	Зазор в шатунном подшипнике, мм		Зазор в верхней головке шатуна, мм		Допустимый суммарный зазор, мм
	номинальный	предельный	номинальный	предельный	
Д-243	0,07...0,13	0,45	0,02...0,03	0,4	0,65
Д-245.5	0,07...0,13	0,45	0,02...0,03	0,4	0,65
Д-260.1	0,07...0,12	0,45	0,03...0,05	0,4	0,7
Д-260.2	0,07...0,12	0,45	0,03...0,05	0,4	0,7
Д-260.4	0,07...0,12	0,45	0,03...0,05	0,4	0,7
ЯМЗ-236	0,08...0,13	0,50	0,03...0,05	0,45	0,7
ЯМЗ-238	0,08...0,13	0,50	0,03...0,05	0,45	0,7

Переключая распределительный кран 3, выполняют два-три цикла подачи давления и разрежения в надпоршневое пространство до получения стабильных показаний индикатора.

1.4.2. Контроль давления масла в масляной магистрали

На двигателях, оборудованных центробежным маслоочистителем, необходимо проверить его состояние по времени выбега ротора. Для этого необходимо запустить двигатель, прогреть моторное масло до 70 °С и увеличить частоту вращения коленчатого вала до максимальной величины. Затем резко выключить подачу топлива и после остановки двигателя приставить к колпаку центрифуги автостетоскоп, измерить с помощью секундомера время вращения (выбега) ротора после остановки двигателя.

О моменте остановки двигателя судят по прекращению вращения коленчатого вала.

Ротор исправного центробежного маслоочистителя должен вращаться не менее 30...40 с после остановки двигателя. Если время вы-

бега ротора менее 15...20 с, необходимо проводить работы по его обслуживанию.

Для обслуживания центробежного маслоочистителя (рис. 1.8) следует отвернуть гайку 1 крепления колпака 2 центробежного масляного фильтра и снять его. Проверить наличие балансировочной риски на стакане 3 и корпусе ротора (при отсутствии риски ее необходимо нанести), чтобы при сборке ротора не нарушить его балансировку. За стопорить ротор от проворачивания, вставив между корпусом фильтра и днищем ротора отвертку или стержень, и, вращая ключом гайку 4 крепления стакана ротора, снять стакан ротора 3.

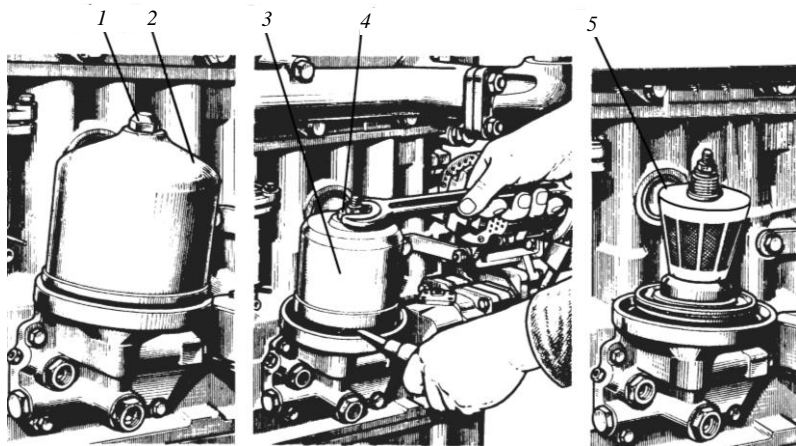


Рис. 1.8. Очистка ротора центробежного масляного фильтра двигателя:
1 – гайка; 2 – колпак; 3 – стакан; 4 – гайка специальная; 5 – фильтрующая сетка

Далее следует проверить состояние фильтрующей сетки 5 ротора и при необходимости очистить и промыть ее. С помощью деревянного или пластмассового скребка удалить слой отложений с внутренних стенок стакана ротора.

Перед сборкой стакана с корпусом ротора резиновое уплотнительное кольцо необходимо смазать моторным маслом. Совместить балансировочные риски на стакане и корпусе ротора и завернуть гайку крепления стакана до полной посадки стакана на ротор. После сборки ротор должен легко вращаться без заеданий от толчка рукой.

Установить на место колпак центробежного масляного фильтра и завернуть гайку колпака моментом 35...50 Н · м.

Давление масла в масляной магистрали контролируется по штатному манометру или приспособлением КИ-13936 (КИ-28156). Если штатный манометр исправный, его показания не должны отличаться от показаний манометра приспособления КИ-13936 (КИ-28156) более чем на 5 %.

Приспособление КИ-13936 подсоединяют к масляной магистрали двигателя, прогревают двигатель до номинального температурного режима и определяют давление масла. Если полученные значения давления отличаются от предельно допустимых (табл. 1.6), то необходимо проверить и отрегулировать клапаны главной масляной магистрали.

Для контроля и регулировки клапанов масляной магистрали необходимо подсоединить приспособление КИ-13936 (КИ-28156) к масляной магистрали, запустить двигатель и снять защитные пробки сливного и перепускного клапанов.

Далее следует затянуть до отказа регулировочные пробки этих клапанов. Приспособление покажет давление срабатывания предохранительного клапана масляного насоса, которое должно быть в пределах 0,8...0,9 МПа (8...9 кгс/см²).

Ослабляя регулировочной пробкой 5 (рис. 1.9) затяжку пружины сливного клапана, необходимо довести показания приспособления до номинального давления в главной масляной магистрали (табл. 1.6).

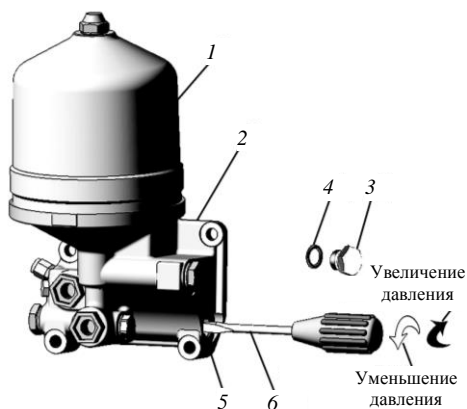


Рис. 1.9. Регулировка давления масла:
1 – фильтр масляный центробежный; 2 – корпус фильтра; 3 – пробка клапана; 4 – прокладка пробки; 5 – пробка регулировочная; 6 – отвертка

Затем с помощью пробки регулируется усилие пружины перепускного клапана так, чтобы приспособление показывало давление в пределах, указанных в табл. 1.6, при номинальных оборотах коленчатого вала двигателя.

Таблица 1.6. Давление масла в главной масляной магистрали

Марка двигателя	Номинальная частота вращения коленчатого вала, об/мин	Давление масла в магистрали, МПа (кгс/см ²)	
		номинальное	при минимальной частоте вращения
Д-243, Д-245, Д-245.2	2200	0,25...0,35 (2,5...3,5)	0,08 (0,8)
Д-245S3A, Д-245.2S3A	2400	0,25...0,35 (2,5...3,5)	0,08 (0,8)
Д-245.5S3A, Д-245.43S3A	1800	0,25...0,35 (2,5...3,5)	0,08 (0,8)
Д-260.1, Д-260.2, Д-260.4, Д-260.7, Д-260.9	2100	0,28...0,45 (2,8...4,5)	0,1 (1,0)
Д-262S2, Д-262.1S2, Д-262.2S2, Д-263S2, Д-263.2S2	2100	0,33...0,50 (3,3...5,0)	0,12 (1,2)
Deutz BF06M1013FC	2300	0,3...0,5 (3...5)	0,08 (0,8)
ЯМЗ-236НЕ, ЯМЗ-236Н ЯМЗ-238ДЕ, ЯМЗ-238ДЕ2	2100	0,4...0,7 (4...7)	0,1 (1,0)
ЯМЗ-236БЕ, ЯМЗ-236Б ЯМЗ-238БЕ, ЯМЗ-238БЕ2	2000	0,4...0,7 (4...7)	0,1 (1,0)
ЯМЗ-7511.10, ЯМЗ-7512.10, ЯМЗ-7513.10	1900	0,4...0,7 (4...7)	0,1 (1,0)

После регулировки необходимо завернуть на место защитные пробки 3 сливного и перепускного клапанов. Если параметры давления в масляной магистрали согласовываются с данными табл. 1.6, двигатель с таким кривошипно-шатунным механизмом можно использовать при рядовой эксплуатации.

1.5. Диагностирование газораспределительного механизма двигателя

При диагностировании газораспределительного механизма проверяется отклонение от номинальных значений тепловых зазоров между клапаном и бойком коромысла.

При уменьшенном зазоре тарелки клапанов могут неплотно прилегать к седлам, что приводит к выгоранию фасок клапанов и седел и нарушению герметичности цилиндров, вследствие чего происходит падение мощности двигателя.

При увеличенном зазоре сокращается продолжительность нахождения клапанов в открытом состоянии. В результате возрастает ударная нагрузка в сопряжении седло – клапан, которая сопровождается металлическими стуками в газораспределительном механизме, происходит интенсивный износ бойка коромысла и стержня клапана.

Периодичность проверки и регулировки зазоров между торцом стержня клапана и бойком коромысла. Проверка и регулировка зазоров проводится через 500 ч работы или при необходимости на непрогретом двигателе (температура воды и масла – не более 60 °С).

Очищают от загрязнений обтирочной ветошью крышки головок цилиндров и снимают их. Проверяют затяжку болтов и гаек крепления стоек осей коромысел (60...90 Н · м).

Через каждые 1000 ч работы регулировка зазоров проводится после затяжки болтов крепления головок цилиндров двигателя.

Проверку затяжки болтов крепления головок цилиндров проводят на прогретом двигателе. С двигателя снимают крышки головок цилиндров, оси коромысел с коромыслами и стойками.

Перед затяжкой болтов их необходимо ослабить на $\frac{1}{6}$ оборота. Затем все болты крепления головок затягивают с помощью динамометрического ключа моментом 190...210 Н · м в последовательности, указанной на рис. 1.10.

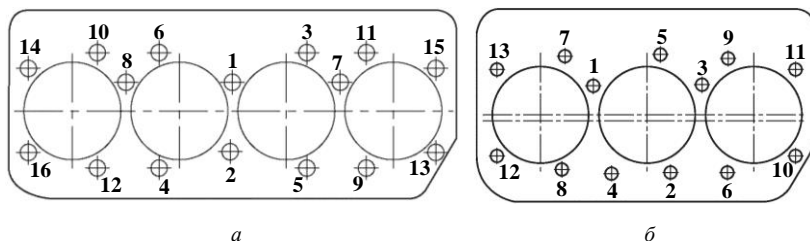


Рис. 1.10. Схема затяжки болтов головки блока цилиндров двигателей Д-243, Д-245 (а) и Д-260 (б)

При регулировке тепловых зазоров следует иметь в виду, что у двигателей Д-243, Д-245 и Д-260 отсчет цилиндров начинается от вентилятора, а у двигателей Deutz – от маховика. Отличается также порядок впускных и выпускных клапанов (рис. 1.11).

Методика проверки теплового зазора за один оборот коленчатого вала. Коленчатый вал вращают до тех пор, пока в первом цилиндре не будет достигнуто перекрытие обоих клапанов (выпускной клапан еще не закрылся, впускной клапан начинает открываться), и проверяют (регулируют) зазоры согласно схеме (рис. 1.12). Например, для двигателя Д-260 – зазоры в 3, 6, 7, 10, 11 и 12-м клапанах (отсчет от вентилятора).

Двигатель Д-260 (отсчет от вентилятора)

1		2		3		4		5		6	
Вып	Вп	Вп	Вып	Вып	Вп	Вп	Вып	Вып	Вп	Вп	Вып

Двигатели Д-243 и Д-245 (отсчет от вентилятора)

1		2		3		4	
Вып	Вп	Вп	Вып	Вып	Вп	Вп	Вып

Двигатель Deutz BF06M1013FC (отсчет от маховика)

1		2		3		4		5		6	
Вып	Вп	Вып	Вп	Вып	Вп	Вып	Вп	Вып	Вп	Вып	Вп

Двигатель Deutz TCD2012L042V (отсчет от маховика)

1		2		3		4	
Вып	Вп	Вып	Вп	Вып	Вп	Вып	Вп

Рис. 1.11. Порядок цилиндров и клапанов двигателей

Затем проворачивают коленчатый вал на один оборот, установив перекрытие в шестом цилиндре (для шестицилиндрового двигателя) или четвертом цилиндре (для четырехцилиндрового двигателя), и регулируют зазоры в оставшихся клапанах.

Двигатель Д-260

Перекрытие в 1-м цилиндре			3 Вп		5 Вып		7 Вп			10 Вп	11 Вп	12 Вып
Перекрытие в 6-м цилиндре	1 Вып	2 Вп		4 Вып		6 Вп		8 Вып	9 Вып			

Двигатели Д-243 и Д-245

Перекрытие в 1-м цилиндре				4 Вып		6 Вп	7 Вп	8 Вып
Перекрытие в 4-м цилиндре	1 Вып	2 Вп	3 Вп		5 Вып			

Двигатель Deutz BF06M1013FC

Перекрытие в 1-м цилиндре			3 Вып		6 Вп	7 Вып			10 Вп	11 Вып	12 Вп
Перекрытие в 6-м цилиндре	1 Вып	2 Вп		4 Вп	5 Вып		8 Вп	9 Вып			

Двигатель Deutz TCD2012L042V (отсчет от маховика)

Перекрытие в 1-м цилиндре			3 Вып			6 Вп	7 Вып	8 Вп
Перекрытие в 4-м цилиндре	1 Вып	2 Вп		4 Вп	5 Вып			

Рис. 1.12. Порядок регулировки клапанов двигателей за один оборот коленчатого вала

Методика проверки теплового зазора за два оборота коленчатого вала. Устанавливают перекрытие клапанов в первом цилиндре и проверяют (регулируют) зазоры в шестом цилиндре (для шестицилиндрового двигателя) или четвертом цилиндре (для четырехцилиндрового двигателя).

Проворачивая коленчатый вал на 60° ($1/3$ оборота) по ходу часовой стрелки для шестицилиндрового двигателя или на 90° ($1/2$ оборота) для четырехцилиндрового двигателя, устанавливают перекрытие клапанов в порядке работы цилиндров 1–5–3–6–2–4 (для шестицилиндрового двигателя) или 1–3–4–2 (для четырехцилиндрового двигателя) и регулируют зазоры в клапанах согласно схеме (рис. 1.13).

а	Перекрытие клапанов	1	5	3	6	2	4
	Регулируемые клапаны	6	2	4	1	5	3

б	Перекрытие клапанов	1	3	4	2
	Регулируемые клапаны	4	2	1	3

Рис. 1.13. Порядок регулировки клапанов шестицилиндровых (а) и четырехцилиндровых (б) двигателей за два оборота коленчатого вала

Проверка и регулировка теплового зазора с помощью щупа.

Щуп, толщина которого равна минимальному зазору, должен свободно проходить между бойком коромысла и торцом стержня клапана, а щуп толщиной, равной максимальному зазору, – плотно, с усилием.

При несоответствии зазоров нормативным значениям проводят их регулировку.

Для регулировки зазора необходимо отвернуть контргайку регулировочного винта и, вворачивая или выворачивая винт, установить между бойком коромысла и торцом стержня клапана необходимый зазор по щупу (рис. 1.14).

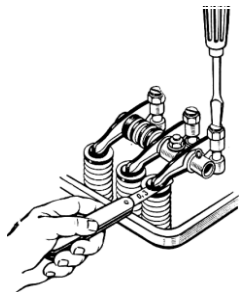


Рис. 1.14. Регулировка теплового зазора с помощью щупа

После установки зазора затягивают контргайку, удерживая винт отверткой от проворачивания, и снова проверяют зазор щупом. По окончании регулировки зазора в клапанах ставят на место колпаки крышек головок цилиндров.

Величина зазора между торцами стержней клапанов и бойками коромысел должна соответствовать значениям, указанным в табл. 1.7.

Таблица 1.7. Зазоры между торцом стержня клапана и бойком коромысла, мм

Марка двигателя	Впускные клапаны		Выпускные клапаны	
	Проверка	Регулировка (номинальный)	Проверка	Регулировка (номинальный)
Д-243 и его модификации	0,20...0,35	0,25...0,30	0,20...0,35	0,25...0,30
Д-245 и его модификации	0,15...0,30	0,20...0,25	0,35...0,50	0,40...0,45
Д-260 и его модификации	0,15...0,30	0,20...0,25	0,35...0,50	0,40...0,45
Д-262 и его модификации	0,35...0,50	0,40...0,45	0,55...0,70	0,60...0,65
Д-263 и его модификации	0,35...0,50	0,40...0,45	0,55...0,70	0,60...0,65
ЯМЗ-236 и его модификации	0,20...0,35	0,25...0,30	0,20...0,35	0,25...0,30
ЯМЗ-238 и его модификации	0,20...0,35	0,25...0,30	0,20...0,35	0,25...0,30

Проверка и регулировка зазора с помощью приспособления КИ-9918. Для проверки зазора между торцом стержня клапана и бойком коромысла приспособлением КИ-9918 его необходимо установить на тарелку клапана (рис. 1.15) и отжимным кулачком перевести подвижную каретку 3 в верхнее положение.

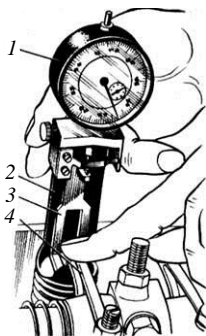


Рис. 1.15. Измерение зазора приспособлением КИ-9918:

- 1 – индикатор;
- 2 – корпус;
- 3 – подвижная каретка;
- 4 – коромысло

Приспособление должно быть зажато между тарелкой клапана и коромыслом, а усики подпружиненной подвижной каретки 3 – прижаты к бойку коромысла 4.

Затем следует установить «0» шкалы индикатора 1 напротив стрелки и прижать пальцем боек коромысла к торцу стержня клапана.

Стрелка индикатора остановится в положении, которое будет соответствовать тепловому зазору.

Для регулировки теплового зазора необходимо отвернуть контргайку регулировочного винта и, вворачивая винт, прижать боек коромысла к стержню клапана. Установить «0» шкалы индикатора напротив стрелки и, выворачивая регулировочный винт, установить требуемый зазор по индикатору. После установки зазора затягивают контргайку и снова проверяют зазор.

У двигателей Deutz тепловой зазор регулируется с помощью специального приспособления (рис. 1.16).

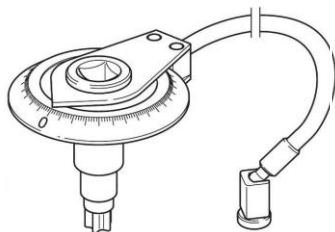


Рис. 1.16. Приспособление для регулировки теплового зазора двигателей Deutz

Для регулировки ослабляют контргайку регулировочного винта, устанавливают головку приспособления в прорезь регулировочного винта и вворачивают его до упора бойка коромысла в шайбу.

Вставляют в головку лимб и с помощью воротка поворачивают его на 75° для впускного клапана и на 105° для выпускного клапана.

Аккуратно, чтобы не нарушить выставленный зазор, затягивают контргайку с усилием $20 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

1.6. Порядок выполнения работы

1. Изучить и законспектировать неисправности цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, их внешние признаки.

2. Изучить и законспектировать порядок диагностирования двигателя по стукам в механизмах.

3. Изучить и законспектировать порядок диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя.

4. Выполнить диагностирование цилиндропоршневой группы по расходу картерных газов.

5. Выполнить диагностирование цилиндропоршневой группы по компрессии в цилиндрах двигателя.

6. Выполнить диагностирование цилиндропоршневой группы анализатором герметичности цилиндров.

7. Выполнить диагностирование цилиндропоршневой группы пневмотестером.

8. Изучить и законспектировать порядок диагностирования кривошипно-шатунного механизма двигателя.

9. Выполнить определение суммарных зазоров в сопряжениях кривошипно-шатунного механизма.

10. Выполнить контроль давления масла в масляной магистрали.

11. Изучить и законспектировать порядок диагностирования газораспределительного механизма двигателя.

12. Выполнить проверку и регулировку зазора между торцами стержней клапанов и бойками коромысел.

13. Внести значения измеряемых и нормативных данных в протокол диагностирования (табл. 1.8). Проанализировать полученные данные и сделать заключение о техническом состоянии цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателя.

Таблица 1.8. Протокол диагностирования двигателя

№ п/п	Параметры	Значения параметров	
		по результатам диагностирования	по техническим условиям
1	Расход картерных газов, л/мин		
2	Компрессия, МПа: 1-й цилиндр и др.		
3	Разрежение в цилиндрах, МПа: 1-й цилиндр и др.		
4	Величина утечек в цилиндрах (по пневмотестеру), %: 1-й цилиндр и др.		
5	Показания прибора КИ-11140, мм: при давлении в надпоршневом пространстве при разрежении в надпоршневом пространстве		
	Суммарный зазор в КШМ		
6	Давление масла в масляной магистрали, МПа		
7	Тепловой зазор в клапанном механизме, мм: 1-й цилиндр (вп./вып.) и др.		

Контрольные вопросы

1. Укажите неисправности цилиндропоршневой группы и их внешние признаки.
2. Укажите неисправности кривошипно-шатунного механизма и их внешние признаки.
3. Укажите неисправности газораспределительного механизма и их внешние признаки.
4. Каков порядок оценки состояния двигателя по стукам в механизмах?
5. Как выполняется диагностирование цилиндропоршневой группы по расходу картерных газов?
6. Как выполняется диагностирование цилиндропоршневой группы по компрессии в цилиндрах двигателя?
7. Как выполняется диагностирование цилиндропоршневой группы анализатором герметичности цилиндров?
8. Как выполняется оценка цилиндров пневмотестером?
9. Каков порядок определения суммарных зазоров в сопряжениях кривошипно-шатунного механизма?
10. Как оценить состояние кривошипно-шатунного механизма по давлению масла в масляной магистрали?
11. Каким образом выполняется проверка и регулировка зазоров между торцом стержня клапана и бойком коромысла за один оборот коленчатого вала?
12. Каким образом выполняется проверка и регулировка зазоров между торцом стержня клапана и бойком коромысла за два оборота коленчатого вала?
13. Как выполнить проверку и регулировку зазоров между торцом стержня клапана и бойком коромысла с помощью щупа?
14. Как выполнить проверку и регулировку зазоров между торцом стержня клапана и бойком коромысла с помощью приспособления КИ-9918?
15. Каковы особенности проверки и регулировки зазоров между торцом стержня клапана и бойком коромысла у двигателей Deutz?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диагностика и техническое обслуживание машин: учеб. / А. Д. Ананьин [и др.]. – Москва: Академия, 2008. – 429 с.
2. Техническое обслуживание и ремонт тракторов: учеб. пособие / Е. А. Пучин [и др.]; под ред. Е. А. Пучина. – 4-е изд., стер. – Москва: Академия, 2008. – 207 с.
29. Диагностирование тракторов: учеб. пособие / под ред. В. И. Присса. – Минск: Ураджай, 1993. – 241 с.
30. Бельских, Н. П. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов / Н. П. Бельских. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Россельхозиздат, 1986. – 399 с.
31. Руководства по эксплуатации [Электронный ресурс] / Минский тракторный завод. – Режим доступа: <http://www.belarus-tractor.com/service/operation-manual/>.
45. Коцуба, В. И. Техническое обслуживание и ремонт тракторов и сельскохозяйственных машин: учеб. пособие / В. И. Коцуба, В. А. Хитрюк, А. К. Трубилов. – Минск: РИПО, 2021. – 191 с.