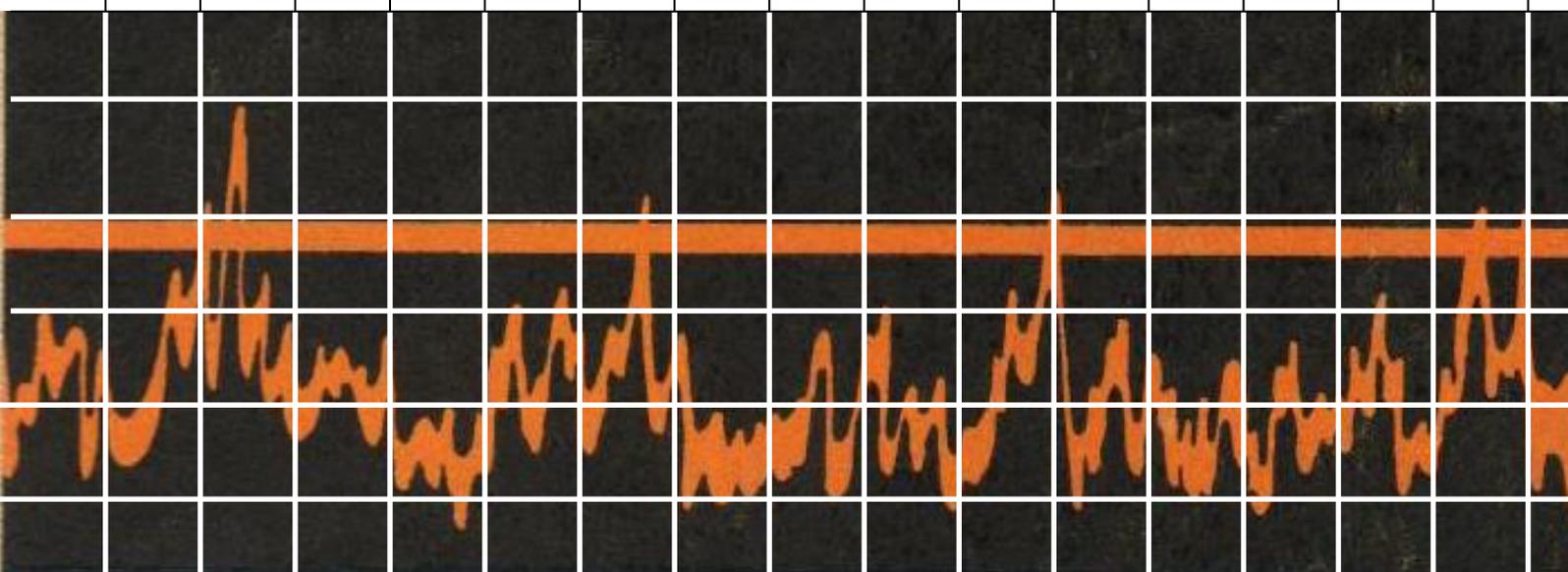
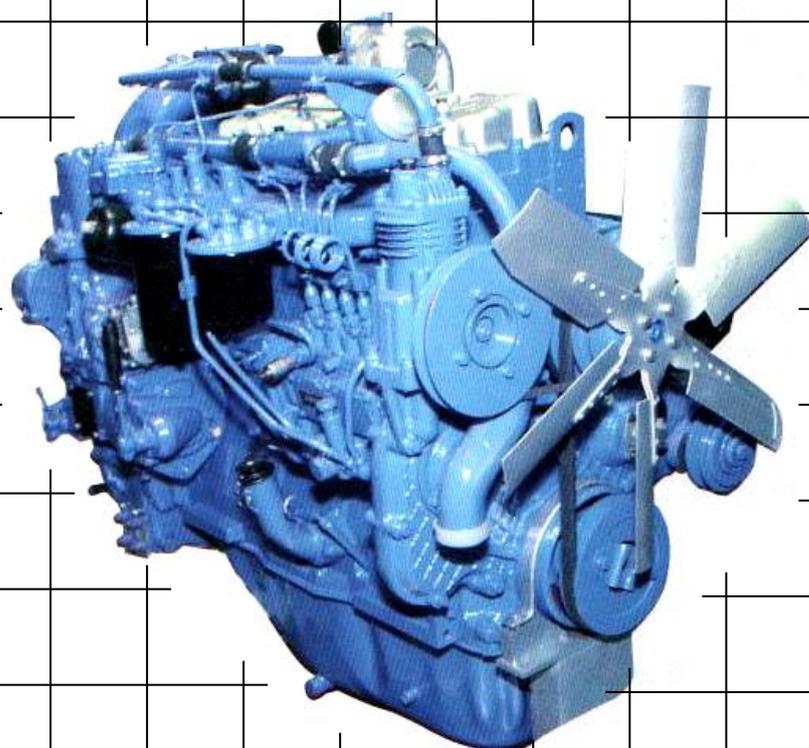


В.Н. ХАБАРДИН

**ПРАКТИКУМ
ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ
АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

В.Н. Хабардин

**ПРАКТИКУМ
ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ
АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВУЗОВ

Практикум по предметам
«Эксплуатация машинно-тракторного парка»,
«Техническая эксплуатация автомобилей» и
«Техническая диагностика Т и ТТМО»
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся на инженерных факультетах

Иркутск, 2019

УДК 631.3 (075.8)
ББК 40.72

А50

Хабардин В.Н. Практикум по диагностированию автотракторных двигателей: учеб. пособие для вузов / В.Н. Хабардин – Иркутск: Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2019. – 208 с.

Практикум подготовлен в соответствии с программами курсов «Эксплуатация машинно-тракторного парка», «Техническая эксплуатация автомобилей» и «Техническая диагностика Т и ТТМО». Предназначен для студентов очного и заочного обучения высших учебных заведений, обучающихся на инженерных факультетах, а также для автомехаников, слушателей факультета повышения квалификации, инженерно-технических работников и специалистов сельскохозяйственного производства. Кроме того, данная работа может быть весьма полезна аспирантам, а также студентам при изучении предметов «Основы инженерного творчества» и «Основы научных исследований».

Рецензент: канд. техн. наук, доцент Поляков Г.Н.

ISBN 978-5-91777-217-2

© Хабардин В.Н., Хабардин С.В., 2019.
© Издательство Иркутский ГАУ, 2019.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективная и экологически безопасная работа тракторов, автомобилей, комбайнов и сложных сельскохозяйственных машин в значительной степени определяется техническим состоянием двигателя. На долю двигателя приходится до 50% основных неисправностей и отказов. По трудоемкости - это 40% от общего времени устранения отказов и неисправностей машин.

Вместе с тем современные автотракторные двигатели имеют сложную и дорогостоящую топливную аппаратуру, а также плотную компоновку моторного отсека. Однозначное и точное распознавание неисправности без приборов даже опытным автомехаником или диагностом практически невозможно. Из-за отсутствия соответствующих приборов, а также по причине их недостаточного совершенства в практике нередки случаи, когда снимают с дизеля исправные топливные насосы и форсунки для проверки на стендах. Затем «как бы попутно или еще как-то, но» подвергают их ремонту, если даже он и не требуется. Практически имеют место случаи, когда ремонт выполняют не по параметрам технического состояния, а по материальной потребности ремонтника. Более того, ремонтируют и двигатель на основании того, что он не «тянет». Это приводит к дополнительным затратам труда и средств на техническое обслуживание и ремонт двигателей и, как следствие, снижает эффективность использования машин.

В связи с этим сельскохозяйственным, автотранспортным, сервисным и другим предприятиям предложены новые, выполненные по патентам России на изобретения, промышленные приборы и комплекты «BEST» (тип компрессометров - в переводе с английского – лучший) и «ГАД» (ГАД – топливная аппаратура дизеля) для диагностирования и поиска неисправностей автотракторных двигателей. Они предназначены для измерения компрессии в цилиндрах двигателей, а также для диагностирования топливоподачи низкого давления, топливных насосов высокого давления (ТНВД) и форсунок без их снятия с дизеля.

Состав комплектов компрессометров «BEST» обусловлен метрологическими требованиями, комплектов «ГАД» - комплексным подходом к диагностированию дизельных двигателей. Обычно считают, что если параметры ТНВД и форсунок, а также компрессия находятся в допустимых пределах, то дизель исправный. Он способен развивать номинальную эффективную мощность при минимальном расходе топлива, а дымность его отработавших газов в норме. Поэтому в процессе эксплуатации периодически, а также по заявке пользователя проверяют состояние топливной аппаратуры, при необходимости регулируют форсунки и измеряют компрессию.

С другой стороны, состав комплектов «ГАД» определен в соответствии с уровнем надежности систем двигателя. Так, на долю топливной аппаратуры

приходится 40-50% всех отказов автотракторных двигателей. Доля отказов по цилиндропоршневой группе составляет 20%, газораспределительному механизму - 15%, по системе охлаждения и смазки – 10%. В результате приборы, например комплекта К.ТАД-03А, позволяют контролировать наибольшую часть отказов двигателей - до 80 %. Причем эти отказы напрямую связаны с топливо-энергетическими параметрами и, следовательно, с эффективностью использования машинно-тракторного парка.

Представленные приборы и комплекты выпускаются отечественной промышленностью по патентам России на изобретения. Они находят широкое применение в автосервисах, ремонтно-обслуживающих и других предприятиях, эксплуатирующих автотракторную технику. Приборы «BEST» и «ТАД» имеют простую конструкцию и в тоже время они универсальны, удобны при использовании, надежны, компактны, транспортабельны и экономичны.

Практическое применение приборов «ТАД» в совокупности с компрессометрами «BEST» (комплектов «ТАД») позволяет: повысить ресурс двигателя на 15...20 %, сократить расход топлива на 10...15 %, уменьшить затраты на техническое обслуживание и ремонт на 7...10 %. На этой основе представляется возможным улучшить экологическую безопасность и эффективность использования автомобильного и машинно-тракторного парка.

Однако успех дела во многом зависит от того, насколько пользователь хорошо знает устройство приборов и умеет правильно их применять по назначению. Этим вопросам и посвящена данная работа.

В целом, она содержит весь необходимый и достаточный материал, который должен знать механик, диагност или инженер по диагностированию автотракторных двигателей. Более того, в работе параллельно представлены и другие аналогичные современные приборы, которые не входят в состав названных комплектов. При этом читатель имеет возможность выбора приборов и собственной оценки их эксплуатационных свойств по классическому принципу: «все познается в сравнении». С этой же целью в работе предусмотрено проведение сравнительных экспериментальных исследований как отдельных методов, так и средств диагностирования. Это, безусловно, вызывает интерес к изучению материала и повышает качество знаний.

Не менее важно и то, что в практикуме даны методические указания по выполнению лабораторных работ, а также контрольные вопросы и соответствующие материалы для изучения и проведения экспериментов. Это тоже активизирует процесс обучения и обеспечивает возможность самостоятельной работы студентов.

Главная цель работы – научить студента, а может быть даже и практика самостоятельно ориентироваться в выборе новых средств и методов диагностирования автотракторных двигателей и успешно применять их на практике.

Работа № 1

ПОДГОТОВКА АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ДИАГНОСТИРОВАНИЮ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ОБЩЕГО СОСТОЯНИЯ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности

Цель работы: изучить основные операции и получить практические навыки по подготовке автотракторных двигателей к техническому диагностированию, а также научиться определять общее техническое состояние двигателей по внешним признакам неисправностей.

Содержание задания и порядок его выполнения:

- изучить основные операции по подготовке двигателей к техническому диагностированию;
- выполнить контрольный осмотр двигателя трактора ДТ-75М или МТЗ-82;
- определить характер металлических стуков, продолжительность пуска и дымность отработавших газов основного двигателя одного из указанных тракторов и дать общую оценку его технического состояния; проверить характер загрязнений свечи зажигания пускового двигателя;
- определить параметры и качественные признаки технического состояния дизеля, наблюдаемые визуально (согласно формы 1), и сопоставить их с нормативными количественными значениями и качественными характеристиками, указанными в Приложениях 1 и 2.

Оборудование рабочего места:

- любой трактор с дизельным двигателем;
- дымомер «Мета-01МП» (СМОГ-1М-01);
- автостетоскоп с наушниками;
- секундомер или часы с секундной стрелкой;
- бумага белая формата А-4;
- необходимый инструмент, обтирочная ветошь.

План отчета:

1 Составить технологическую карту на подготовку двигателя трактора ДТ-75М или МТЗ-82 к техническому диагностированию (форма карты – в соответствии с Приложением 5).

2 Изложить методику проведения контрольного осмотра основного двигателя (с описанием качественных признаков).

3 Привести и проанализировать полученные визуально количественные значения и качественные характеристики технического состояния двигателя (заполнить форму 1).

Контрольные вопросы:

- 1 С какой целью проводится подготовка двигателя к диагностированию?
- 2 Какие операции при этом должны быть выполнены? Укажите последовательность их проведения.
- 3 Какую диагностическую информацию можно получить при опросе водителя и как ее можно использовать в процессе диагностирования?
- 4 Что включает в себя внешний осмотр двигателя и с какой целью он проводится?
- 5 Какие операции следует провести перед мойкой двигателя, в какой последовательности и почему?
- 6 По результатам какой проверки проводится органолептическая оценка технического состояния двигателя?
- 7 Что нужно сделать, если двигатель идет в «разнос»? Назовите причины перехода двигателя в указанное аварийное состояние.
- 8 В какую документацию заносят данные о результатах опроса водителя, внешнего осмотра и органолептической оценки?
- 9 Какова допускаемая продолжительность пуска исправного дизеля летом и зимой?
- 10 Какие требования нужно соблюдать при стартерном запуске основного двигателя?
- 11 Какую информацию можно получить по дымности выхлопа отработавших газов?
- 12 Какой цвет выпускных газов исправного двигателя и о чем он свидетельствует?
- 13 Какие параметры определяют по цвету отработавших газов?
- 14 Какой цвет могут иметь отработавшие газы и каковы причины появления черного, белого и синего дыма?
- 15 Какую информацию можно получить по отпечаткам отработавших газов на белой бумаге, снимаемых из выхлопной трубы?
- 16 О каких неисправностях свидетельствуют пятна-отпечатки: серовато-желтого цвета и серо-бурого?
- 17 Какие выводы можно сделать, если на отпечатках обнаружены капли воды или крупные частицы сажи?
- 18 В каком порядке проводится контрольный осмотр дизеля?
- 19 Назовите параметры и качественные признаки нормального технического состояния дизеля и его составных частей, наблюдаемые визуально при его пуске, работе и остановке.

Правила техники безопасности, необходимые для выполнения лабораторной работы:

- все монтажно-демонтажные работы следует выполнять только при неработающем двигателе и с использованием исправного инструмента;
- пускать двигатель должен лаборант по сигналу преподавателя;
- вращающиеся части тормозной установки должны быть ограждены.

Материалы для изучения и порядок выполнения работы

1 Подготовка двигателя к техническому диагностированию

Правильная и полная подготовка двигателя к диагностированию обеспечивает качественное проведение операций диагностирования и постановку наиболее точного диагноза. Это позволяет сократить затраты труда и средств на техническое обслуживание и ремонт двигателей и, следовательно, - повысить эффективность технического диагностирования.

Подготовка двигателей к техническому диагностированию включает в себя следующие операции:

- опрос водителя о работе составных частей двигателя;
- внешний осмотр двигателя;
- очистку и мойку;
- проверку и восстановление уровня масла в картере основного и в редукторе пусковых двигателей и топливного насоса, охлаждающей жидкости в радиаторе, топлива в баках основного и пусковых двигателей.

Опрос водителя позволяет составить общее представление о состоянии двигателя, наметить предварительный план контроля, выявить неисправности двигателя и принять меры к их устранению.

При опросе водителя выясняют:

- величину расхода моторного масла на угар;
- наличие ненормальных шумов, стуков и перегрева механизмов двигателя;
- оценивают (по результатам опроса) его мощностные и экологические показатели, а также работу отдельных систем.

При внешнем осмотре проверяют и при необходимости восстанавливают:

- крепление и комплектность составных частей и систем двигателя;
- отсутствие течи топлива, масла и охлаждающей жидкости.

При проверке креплений обращают особое внимание на надежность крепления двигателя к раме трактора или комбайна.

Перед мойкой убирают посторонние предметы, закрепляют крышки топливных баков и маслозаливной горловины, закрывают пробками выхлопные трубы основного и пусковых двигателей, а также герметизируют сапун основного двигателя.

Во время мойки особенно тщательно удаляют загрязнения с поверхностей, прилегающих к форсункам, штуцерам топливного насоса и топливных фильтров, в местах смазки, соединений впускного воздушного тракта с воздухоочистителем, в местах разъема топливных фильтров и масло-очистителей.

После мойки снимают пробки с выхлопных труб основного и пусковых двигателей, а также разгерметизируют сапун основного двигателя.

Результаты опроса водителя, внешнего осмотра и органолептической оценки вносят в документацию контроля двигателя.

2 Предварительная оценка технического состояния двигателя по характеру металлических стуков и загрязнению свечей зажигания

Практика технической эксплуатации автотракторных двигателей показывает, что характер прослушиваемого стука и загрязнения свечей зажигания (для бензиновых двигателей) являются внешними признаками неисправностей двигателя, по которым представляется возможным сделать предварительную оценку его технического состояния.

Характер металлических стуков прослушивают стержневым или трубчатым автостетоскопом (рис. 1). Для этого можно также использовать и обычный медицинский фонендоскоп. Автостетоскоп состоит из слухового телефона со стержнем, наконечник которого может быть оснащен пьезоэлементом, способным преобразовывать механическую энергию микроколебаний (микроударов) в электрическую энергию. Принцип действия этого прибора и методика проверки (ослушивания) двигателя заключаются в следующем. Шумовой эффект, например металлический стук, снимается с двигателя наконечником стержня, который с небольшим усилием прижимают перпендикулярно к поверхности двигателя в определенной зоне прослушивания (показаны на рис. 2) В телефоне звук усиливается и частично фильтруется, что делает его более доступным для ощущения слуховыми органами человека. При этом двигатель прослушивают при различных рабочих режимах и по характеру металлического стука определяют возможную неисправность (таблица 1).

На заданных режимах двигатель должен работать устойчиво. При максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя не допускаются чрезмерные металлические стуки. Если двигатель идет «вразнос», то немедленно выключают подачу топлива. В процессе работы двигателя также контролируют температуру и давление масла в системе смазки. Если стрелка манометра переходит предельно допустимое значение, то это указывает на недостаточное давление масла в системе смазки, и дизель необходимо остановить.

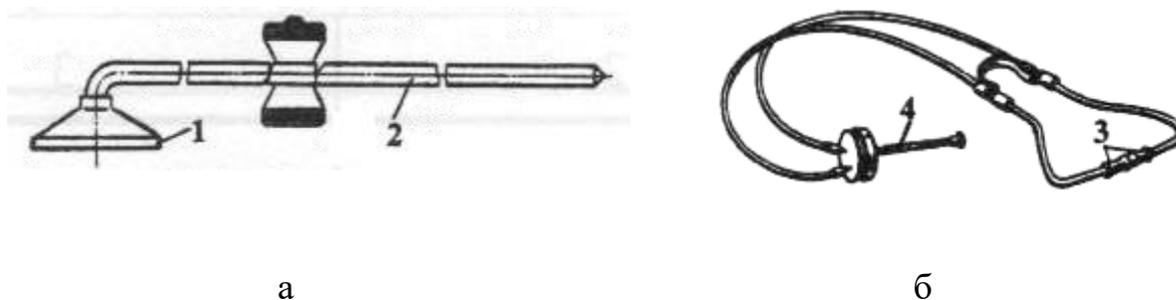


Рисунок 1 – Автостетоскоп: а – стержневой; б – трубчатый;
1, 3 – слуховой телефон; 2, 4 – стержень

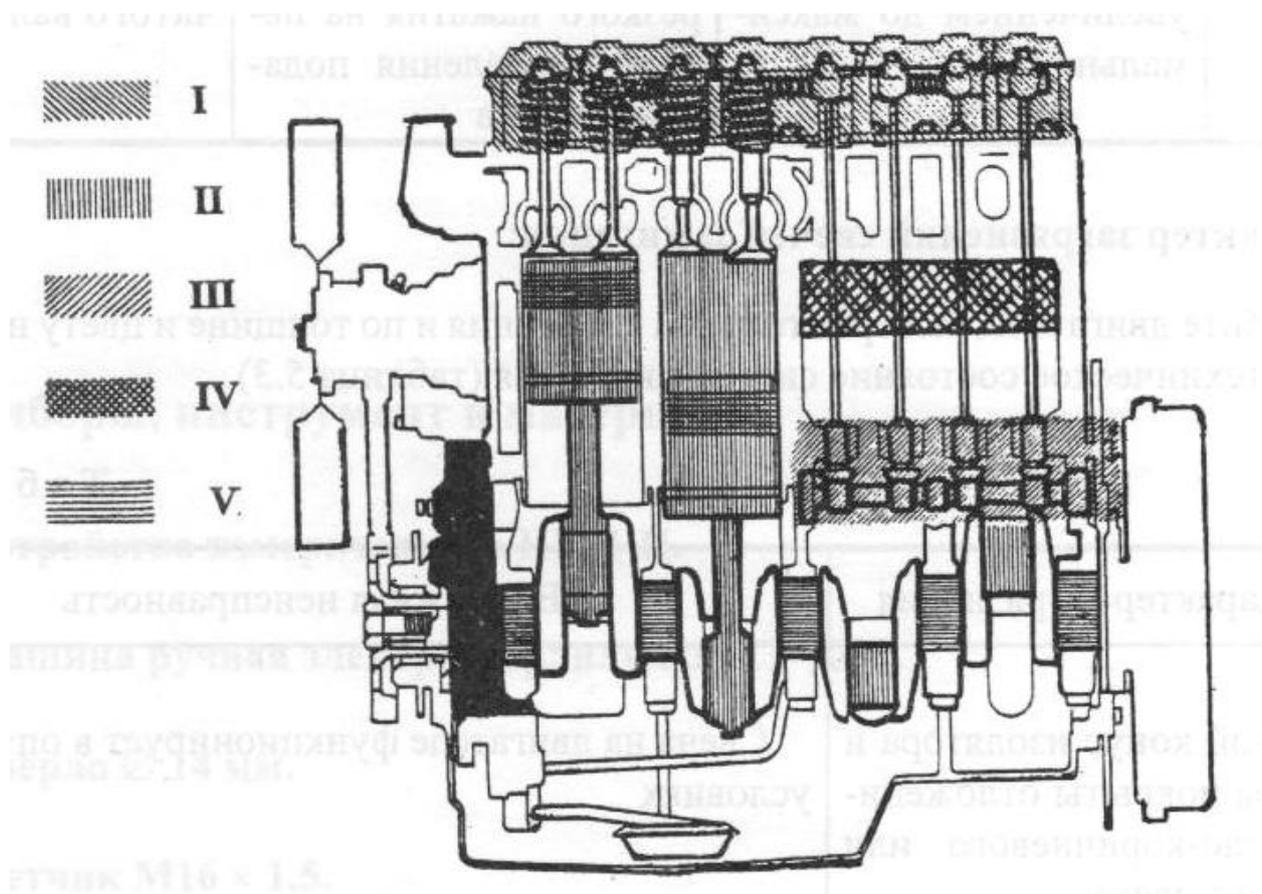


Рисунок 2 – Схема зон прослушивания двигателя: I – зона клапанного механизма; II – зона цилиндропоршневой группы; III – зона нижней мертвой точки (НМТ) поршня; IV – зона верхней мертвой точки (ВМТ); V – зона коренных шеек коленчатого вала

При износе поршня и цилиндра в зоне II возникает сильный глухого тона металлический звук на малой частоте и при переходе на среднюю частоту вращения коленчатого вала двигателя. Несильный щелкающий стук в зоне III на средней частоте вращения коленчатого вала указывает на износ сопряжения «поршневое кольцо – канавка поршня». Резкий металлический стук в зоне III при переходе от малой к средней частоте вращения коленчатого вала свидетельствует об увеличении зазора в сопряжениях «поршневые пальцы – втулки шатунов – бобышки поршней».

Признаки увеличения зазоров между шейками коленчатого вала и вкладышами шатунных и коренных подшипников – падение давления масла в смазочной системе двигателя и появление стука в зоне V. Причем звонкий сильный металлический стук характерен для изношенных вкладышей шатунных подшипников, а стук более глухого тона, четкий и регулярный – для изношенных коренных подшипников. Если при малой частоте вращения коленчатого вала с обеих сторон двигателя, имеющего верхнее (подвесное) расположение клапанов, под колпаком клапанного механизма (зона I) слышен слабый металлический стук среднего тона, значит, велик зазор между торцом стержня клапана и бойком коромысла. Слабый глухой стук в

зоне I I против соответствующих клапанов при малой частоте вращения коленчатого вала свидетельствует о повышенном зазоре между стержнем клапана и направляющей втулкой.

Таблица 1 – Зоны прослушивания характера металлического стука и возможные неисправности двигателя

Зона прослушивания	Режим работы двигателя	Характер стука	Возможная неисправность
I	Малая частота вращения коленчатого вала	Металлический стук высокого тона	Увеличен тепловой зазор в клапанном механизме
II (по всей высоте цилиндров)	Малая частота вращения коленчатого вала	Приглушенный металлический стук	Изношено сопряжение «гильза-поршень»
III	Малая частота вращения коленчатого вала	Дребезжащий металлический стук глухого тона	Изношено сопряжение «поршень – поршневое кольцо»
IV	Малая частота вращения коленчатого вала с периодическим увеличением до номинальной	Звонкий металлический стук высокого тона, усиливающийся в момент увеличения оборотов	Изношены поршневые пальцы, отверстия в бобышке поршня или в верхней головке шатуна
V	Номинальная частота вращения коленчатого вала с периодическим увеличением до максимальной	Глухой металлический стук среднего тона, усиливающийся в момент резкого нажатия на педаль (рычаг) управления подачей топлива	Изношены коренные и шатунные подшипники коленчатого вала

Характер загрязнения свечей зажигания определяют визуально. Для этого их вывертывают из свечных отверстий. Затем по толщине и цвету нагара и отложений на тепловом конусе и электродах определяют возможные неисправности бензинового двигателя (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика загрязнения свечей зажигания и возможные неисправности бензинового двигателя

Вид и характер загрязнения	Возможная неисправность
Тепловой конус изолятора и электроды покрыты отложениями светло-коричневого или рыжеватого цвета	Свеча на двигателе функционирует в оптимальных условиях
Тепловой конус изолятора и электроды покрыты черным маслянистым нагаром, свеча пахнет топливом	Попадание масла из картера двигателя в камеру сгорания из-за износа маслосъемных колпачков, направляющих втулок клапанов, деталей цилиндропоршневой группы
Тепловой конус изолятора и электроды покрыты сухой копотью черного цвета	<p>Не соответствует данной марке двигателя тепловая характеристика свечи (свеча слишком «холодная»).</p> <p>Система питания двигателя готовит обогащенную топливную смесь, которая полностью не сгорает.</p> <p>Неисправен механизм привода воздушной заслонкой.</p> <p>Засорен воздушный фильтр.</p>
Тепловой конус изолятора имеет белый или светло-серый цвет, электроды оплавлены	<p>Не соответствует данной марке двигателя тепловая характеристика свечи (свеча слишком «горячая»). Калильное зажигание – топливная смесь воспламеняется от перегретых деталей свечи до момента возникновения искрового разряда.</p> <p>Обеднена топливная смесь из-за подсоса воздуха во впускном коллекторе.</p> <p>Неправильно установлен момент зажигания.</p>

Если у двигателя с искровым зажиганием при работе на рекомендованном сорте топлива и правильной установке зажигания появляется детонация, падает мощность и повышается расход топлива, то очищают от нагара поверхности, образующие камеры сгорания. Для удаления нагара осторожно снимают головку цилиндров, чтобы не повредить прокладку, размягчают нагар керосином или дизельным топливом и удаляют его скребком. Затем промывают этими жидкостями поверхности камер сгорания.

Если отложения нагара невелики, его можно удалить, не разбирая двигатель. Для этого заливают в каждый цилиндр прогретого и остановленного двигателя 20-30 см³ керосина, через 10 ч заменяют масло в поддоне картера двигателя, запускают двигатель и дают ему поработать 10-20 мин под нагрузкой при средней частоте вращения коленчатого вала.

3 Общая оценка состояния двигателя по продолжительности пуска

Продолжительность пуска основного двигателя при исправных пусковых устройствах (пускового двигателя или стартера) должна быть не более 3 мин в летнее и не более 10 мин в зимнее время. При стартерном запуске двигатель должен запускаться не более, чем с четырехкратной попытки. Продолжительность каждой попытки не более 5 секунд с интервалом около 1 мин. Более длительный запуск может свидетельствовать о пониженных оборотах пускового устройства, неисправности стартера или топливной аппаратуры, разряженности аккумуляторной батареи, пониженной компрессии в камере сгорания, попадании воды в цилиндры, неисправностях в механизме газораспределения.

Перед проверкой продолжительности пуска основного двигателя следует убедиться в исправности пускового двигателя (ПД). Для этого нужно произвести сначала проверку общего состояния ПД, а затем (при необходимости) проконтролировать состояние его регулятора, муфты включения и механизма выключения. Проверку ПД выполняют после контроля исправности электро-оборудования: батареи аккумуляторов и стартера ПД.

Основные требования к системе пуска ПД следующие: быстрый пуск стартером (при исправном электрооборудовании); устойчивое обеспечение пусковой частоты вращения коленчатого вала дизеля; своевременное отключение привода от редуктора ПД на маховик дизеля (во избежание аварийного роста частоты вращения вала ПД за счет обратной передачи от дизеля); нормальный тепловой режим при непрерывной работе ПД под нагрузкой в течение заданного времени.

Любые неисправности составных частей, препятствующие выполнению указанных требований, вызывают неисправность всей системы пуска.

Основная часть неисправностей ПД – отсутствие устойчивой пусковой частоты вращения коленчатого вала дизеля. Затрудненный пуск, снижение мощности и экономичности обусловлены:

- износом цилиндропоршневой группы (ЦПГ);
- ухудшением работы системы питания из-за неисправностей карбюратора, воздухоочистителя и регулятора частоты вращения;
- неисправностями составных частей системы зажигания.

Наиболее часто возникают неисправности системы зажигания ПД, к которым относятся: замасливание или покрытие нагаром электродов искровой свечи зажигания; отклонение от номинальных значений зазоров между электродами свечи или контактами прерывателя; пробой изоляции свечей; нарушение угла опережения зажигания.

Неисправности карбюратора и воздухоочистителя обычно связаны с их загрязнением.

При нормальной работе ПД вал дизеля может также не получать пусковую частоту вращения, если сцепление редуктора ПД пробуксовывает из-за разрегулировки и износа дисков.

При разрегулировке механизма автоматического выключения привода на дизель либо затрудняется его пуск (при раннем отключении), либо при каждом пуске чрезмерно растет частота вращения вала ПД (при позднем отключении).

4 Общая оценка состояния двигателя по дымности отработавших газов

Дымность отработавших газов (ОГ) у прогретого двигателя свидетельствует о ненормальном процессе сгорания топлива. *У исправного двигателя отработавшие газы должны быть бесцветными.* По цвету ОГ определяют возможные неисправности, которые уточняют в процессе контроля.

Черный дым – неполное сгорание топлива по следующим причинам: зависание, закоксовывание или износ распылителя форсунки, недостаточная подача воздуха из-за засоренности воздухоочистителя и всасывающих труб, ненормальный угол начала подачи топлива насосом, сдвиг фаз газораспределения, увеличенная подача топлива насосом, большая неравномерность подачи топлива секциями насоса, разрегулированность или негерметичность клапанов газораспределительного механизма, недостаточное открытие клапанов из-за износа кулачков распределительного вала.

Белый дым – низкая компрессия из-за износа деталей цилиндропоршневой группы и снижения герметичности клапанов, попадание воды в цилиндры (белые пары воды), пропуски вспышек из-за дефектов форсунок, засорение фильтрующих элементов тонкой очистки топлива, износ подкачивающего насоса, неисправность перепускного клапана топливного насоса, поздняя подача топлива насосом.

Синий дым – угар картерного масла из-за высокого уровня масла в карте-ре, износ или закоксовывание маслосъемных колец, большая овальность гильз, большой зазор между стержнями клапанов и их направляющими втулками.

При запуске двигателя дыма нет или он выходит редкими клубами – недостаточная подача топлива, заедание клапанов и поршня или излом пружины подкачивающей помпы, заедание плунжеров или поломка пружин плунжеров топливного насоса, заедание иглы распылителя форсунки и обратного клапана или поломка его пружины, засорение топливных фильтров и трубопроводов, износ подкачивающего насоса.

Для контроля двигателя по дымности используют отпечатки ОГ на белой бумаге, снимаемые из выхлопной трубы. По цвету отпечатка-пятна на бумаге судят о неисправностях двигателя.

Пятно серовато-желтого цвета указывает на наличие в выпускных газах масла, то есть на большой угар картерного масла.

Пятно серо-бурого цвета – на наличие в выпускных газах топлива, что свидетельствует о пропусках вспышек из-за неисправностей форсунок и низкой компрессии в цилиндрах.

Капли воды на отпечатках – признак воды в камере сжатия: прогорела прокладка головки блока, трещины в головке блока, нарушение уплотнения гильз цилиндров.

Крупные частицы сажи на отпечатках свидетельствуют о большом угаре картерного масла, нарушении угла начала подачи топлива (поздняя подача), снижении герметичности камеры сгорания, недопустимом утопании клапанов, сдвиге фаз газораспределения, повышенной подаче топлива в цилиндры, некачественном распыле топлива форсунками, засорении воздухоочистителя.

5 Контрольный осмотр дизеля и порядок его проведения

Для правильной постановки диагноза проводят контрольный осмотр дизеля, в том числе при его пуске, прогреве и работе на различных эксплуатационных режимах. При этом составляют полную характеристику качественных признаков работоспособности дизеля. Контрольный осмотр рекомендуется выполнять в следующем порядке.

1 Оценивают исправность дизеля осмотром. При этом проверяют, нет ли подтеканий охлаждающей жидкости через сливные краны блока и радиатора, в местах соединения водяных патрубков резиновыми шлангами, в водяном радиаторе. Подтекания устраняют.

Убеждаются в отсутствии подтеканий масла в соединениях поддона картера с блоком, через уплотнения корпусов центрифуги и фильтра турбокомпрессора, а также подтеканий топлива через расходные и спускные краны, в соединениях топливопроводов низкого и высокого давления. Негерметичность устраняют.

2 Убеждаются в отсутствии масляных пятен на поверхности воды в радиаторе (попадание масла в систему охлаждения возможно при ее негерметичности, трещинах головки и др.), исправности контрольно-измерительных приборов по положению их стрелок и указателей (электрические приборы проверяют при отключенном и включенном поло-

жениях).

3 Проверяют уровень масла в топливном насосе.

Повышенный уровень свидетельствует о попадании в масло топлива и необходимости ремонта насоса.

4 Определяют наличие воды в моторном масле. Для этого приоткрывают сливную пробку поддона картера и сливают в чистый и прозрачный сосуд 150...200 мл масла. Содержание в нем воды указывает на разгерметизацию системы охлаждения, необходимость устранения неисправности и замены масла.

5 Выявляют признаки изношенности цилиндропоршневой группы пускового двигателя, прокручивая рукой его шкив. Если двигатель изношен, шкив прокручивается легко и компрессия на такте сжатия отчетливо не ощущается. При наличии специального компрессометра (с верхним пределом измерений до 10 кгс/см²) измеряют компрессию в цилиндре пускового двигателя, которая должна быть не ниже 4 кгс/см².

6 Снимают пробку радиатора и погружают датчик эталонного термометра в верхний бачок радиатора. К смазочной системе дизеля также подключают эталонный манометр.

7 Подготавливают дизель к пуску в соответствии с руководством по эксплуатации. В процессе пуска, прогрева, работы и остановки дизеля на различных режимах оценивают его работоспособность и исправность составных частей. *Нарушения работоспособности дизеля устанавливают, ориентируясь на параметры и качественные признаки нормального технического состояния, наблюдаемые визуальнo* (изложены в Приложениях 1 и 2).

8 В процессе прогрева сравнивают показания рабочих и эталонных термометров и манометров. Разница в показаниях термометров не должна превышать ± 5 °С. Показания манометра фиксируют при средней и максимальной частотах вращения коленчатого вала. Разница в показаниях контрольного и штатного манометров не должна превышать 20 кПа (0,2 кгс/см²). После остановки дизеля прослушивают вращение ротора масляной центрифуги (оно должно прослушиваться без приборов не менее 30 с).

При отклонении любого из перечисленных параметров от допускаемого значения или появлении хотя бы одного из упомянутых признаков нарушения работоспособности дизеля и его составных частей необходимо выявить место и характер отказа и устранить неисправность и причину ее возникновения.

К основным техническим показателям предельного состояния двигателя относятся:

- повреждения блока цилиндров, неустраняемые или устранимые с применением точной механической обработки блока на станках (расточка гнезд подшипников коленчатого вала, фрезерование плоскостей и т.п.);
- дефекты блока, требующие заварки с нагревом блока в печи;
- предельный износ шеек коленчатого вала, в том числе устранимый механической обработкой до очередного ремонта, наличие трещин

усталости в нем или предельное значение зазора в одном или более сопряжениях (шейки коленчатого вала – вкладыши);

- предельный износ комплекта деталей цилиндропоршневой группы.

Критерии и диагностические признаки предельного состояния двигателей

и их составных частей наиболее полно изложены в Приложении 8.

Форма 1 – Параметры и качественные признаки технического состояния дизельного двигателя, наблюдаемые визуально (марка дизеля _____)

Контролируемые параметры и качественные признаки	Количественные значения и качественные характеристики параметров:	
	для нормального технического состояния (нормативные)	фактические
<i>Пуск и работа пускового двигателя</i>		
Длительность пуска стартером Характер работы Своевременное отключение привода на дизель Нормальный тепловой режим при непрерывной работе под нагрузкой в течение 10 мин		
<i>Пуск дизеля</i>		
Длительность пуска: стартером; ПД (после прогрева, выключения декомпрессионного механизма и включения подачи топлива) Давление масла при работе ПД без прокрутки дизеля (для Т-150К)		

Контролируемые параметры и качественные признаки	Количественные значения и качественные характеристики параметров:	
	для нормального технического состояния (нормативные)	фактические
<p>Давление масла в магистрали непрогретого дизеля:</p> <p>при минимальной частоте вращения для Т-150К и типа ДТ-75;</p> <p>при минимальной частоте вращения для МТЗ и ЮМЗ;</p> <p>при максимальной частоте вращения для Т-150К и типа ДТ-75;</p> <p>при максимальной частоте вращения для МТЗ и ЮМЗ</p> <p>Характер работы непрогретого дизеля</p>		
<i>Работа прогретого дизеля</i>		
<p>Давление масла в магистрали:</p> <p>при минимальной частоте вращения для Т-150К и типа ДТ-75;</p> <p>при минимальной частоте вращения для МТЗ и ЮМЗ;</p> <p>при максимальной частоте вращения для Т-150К и типа ДТ-75;</p> <p>при максимальной частоте вращения для МТЗ и ЮМЗ</p> <p>Температура воды и масла при нормальной эксплуатации трактора</p> <p>Характер работы дизеля на различных режимах</p>		

Контролируемые параметры и качественные признаки	Количественные значения и качественные характеристики параметров:	
	для нормального технического состояния (нормативные)	фактические
<p>Мощность, развиваемая дизелем, и удельный расход топлива (тяговые свойства)</p> <p>Расход масла на угар (без учета полной замены при ТО)</p>		
<i>Остановка дизеля</i>		
<p>Остановка при выключении подачи топлива или включенном устройстве аварийного останова</p> <p>Прослушивание вращения ротора центрифуги после полной остановки дизеля</p>		
<i>Общие для всех режимов работы параметры и признаки</i>		
<p>Герметичность масляной, водяной и топливной систем</p> <p>Уровень охлаждающей жидкости и масел</p> <p>Показания контрольных приборов</p>		
Заключение и рекомендации	<hr/> <hr/> <hr/>	

Работа № 2

ПРИБОРЫ И КОМПЛЕКТЫ «BEST» И «ТАД» ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности

Цель работы: изучить основные метрологические и технологические требования к приборам для технического диагностирования автотракторных двигателей; изучить семейства и комплекты этих приборов; получить практические навыки по выбору компрессометров для диагностирования двигателей с различной компрессией.

Содержание задания и порядок его выполнения:

- изучить основные метрологические и технологические требования к компрессометрам;
- дать классифицированное описание семейства и комплектов компрессометров типа «BEST», а также комплектов приборов типа «ТАД»;
- выбрать компрессометр для измерения компрессии, если максимальное значение измеряемой величины находится в пределах от 10 до 16 кгс/см², и дать метрологическое обоснование выбора.

Оборудование рабочего места:

- компрессометры типа «BEST»;
- комплект приборов типа «ТАД».

План отчета:

- 1 Изложить с указанием примеров основные метрологические и технологические требования к компрессометрам.
- 2 Составить классифицированное описание семейства и комплектов компрессометров типа «BEST», а также комплектов приборов типа «ТАД».
- 3 Привести необходимые расчеты и обоснования выбора компрессометра для заданной (указанной в задании) измеряемой величины.

Контрольные вопросы:

- 1 В чем выражена необходимость создания семейства компрессометров?
- 2 Как определить абсолютное значение основной погрешности прибора и относительную аппаратную ошибку измерения?
- 3 Основная погрешность прибора и как она может быть найдена?
- 4 Почему компрессометры должны быть сформированы в комплекты?
- 5 Дать классификацию семейства компрессометров по назначению.
- 6 Какой верхний предел измерений должен иметь компрессометр, если

ожидаемый результат измерений будет находиться в интервале от 10 до 16 кгс/см²?

7 Как определяется абсолютное значение основной погрешности прибора?

8 Почему при выборе компрессометра нужно учитывать интервал, соответствующий 2/3 части шкалы манометра?

9 Основные комплекты компрессометров типа «BEST» и что входит в их состав?

10 Какие приборы входят в комплекты типа «ГАД» и каково их назначение?

11 Почему в состав комплектов типа «ГАД» входит компрессометр?

12 Ваши предложения по совершенствованию приборов и комплектов для диагностирования автотракторных двигателей?

Материалы для изучения и порядок выполнения работы

1 Необходимость создания семейства приборов с различным диапазоном измерений и их формирования в комплекты

Практика показывает, что измеряемые величины могут варьировать в широком диапазоне:

- при измерении компрессии – от 0,2 МПа (для двухтактных бензиновых двигателей) до 6,0 МПа (для четырехтактных многоцилиндровых дизелей);

- при измерении давления в элементах топливоподачи дизельных двигателей – от 0,04 МПа (предельное давление после фильтра тонкой очистки топлива топливной системы тракторных дизелей) до 100 МПа и более (максимальное давление, развиваемое плунжерной парой топливного насоса высокого давления).

Поэтому при выборе прибора следует учитывать пределы измерения – рабочий диапазон шкалы прибора. Класс точности прибора (приведенная допускаемая погрешность в %) определяется относительно верхнего предела шкалы. В связи с этим для небольших значений измеряемой величины нельзя использовать прибор с высоким пределом измерений, так как это даст повышенную погрешность.

Так, из метрологии известно, что абсолютное значение основной погрешности Δ прибора

$$\Delta = P_{ВПИ} \cdot K_T, \quad (1)$$

где $P_{ВПИ}$ – верхний предел измерений (ВПИ) прибора; K_T – коэффициент, характеризующий класс точности прибора. Основная погрешность прибора – это наибольшая (по абсолютному значению) разность между показаниями прибора и действительным значением измеряемой величины.

При этом относительная аппаратная (инструментальная) ошибка δ измерения

$$\delta = \frac{\Delta}{P_{ВПИ}} \cdot 100. \quad (2)$$

Найдем по формулам (1) и (2) абсолютное значение основной погрешности Δ и относительную аппаратную ошибку измерения δ . Например, если дизельным компрессометром с манометром класса 1,5 и с верхним пределом измерений 6 МПа (60 кгс/см²) измерять компрессию бензинового двухтактного двигателя, равную 0,6 МПа (6 кгс/см²), то при абсолютном значении основной погрешности

$$\Delta = 6 \cdot 0,015 = 0,09 \text{ МПа (0,9 кгс/см}^2\text{)}$$

получим относительную аппаратную ошибку измерения

$$\delta = \frac{0,09}{0,6} \cdot 100 = 15\%.$$

С другой стороны, рабочий диапазон шкалы манометрических приборов (манометров) должен находиться в ее 2/3 части от верхнего предела измерений потому, что в этом интервале манометр дает наименьшую погрешность.

Изложенные метрологические требования учтены при создании семейства компрессометров (таблица 3) на основе сопоставления метрологических характеристик манометров и максимального значения измеряемого давления.

Кроме того, при разработке компрессометров и комплектов на их базе следует также принимать во внимание технологические требования - возможность присоединения к двигателям различных типов и марок, что обуславливает универсальность приборов. Вместе с тем, вполне возможно и целесообразно для некоторых практических случаев создание узко специальных приборов, например, компрессометра только для двигателей семейства «КАМАЗ».

Возможность создания универсального (для всех бензиновых и дизельных двигателей) компрессометра ограничена прежде всего метрологическими характеристиками манометров. Из таблицы 3 следует, что универсальным может быть только такой компрессометр, который оснащен манометром с верхним пределом измерений 40 кгс/см². Однако его универсальность не абсолютна – он может быть применен для дизельных двигателей с пониженной компрессией (от 13,3 до 26,6 кгс/см²) и частично (в интервале измерений давления от 13 кгс/см² и выше) для бензиновых двигателей с повышенной компрессией. Проверять компрессию в интервале измерений давления менее 13 кгс/см² таким «универсальным» прибором нежелательно по метрологическим соображениям. В данном случае лучше использовать компрессометр с манометром, имеющим ВПИ 25 кгс/см².

Таблица 3 – Результаты ранжирования компрессометров, положенные в основу создания их семейства

Верхний предел измерений, кгс/см ²	Интервал, соответствующий 2/3 части шкалы манометра, кгс/см ²	Максимальное значение измеряемой компрессии, кгс/см ²	Семейство компрессометров по назначению
10	от 3,3 до 6,6	6	Для двухтактных бензиновых двигателей
16	от 5,3 до 10,6	10	Для четырехтактных бензиновых двигателей с пониженной компрессией
25	от 8,3 до 16,6	16	Для четырехтактных бензиновых двигателей с повышенной компрессией
40	от 13,3 до 26,6	26	Для дизельных двигателей с пониженной компрессией
60	от 20,0 до 40,0	40	Для дизельных двигателей с повышенной компрессией

2 Семейство и комплекты компрессометров «BEST»

Семейство компрессометров «BEST» создано с учетом изложенных метрологических и технологических требований. Оно представляет собой ряд названных приборов, отличающихся друг от друга: верхним пределом измерений манометра, его ценой делений шкалы, классом точности (общетехнические приборы разделены на четыре класса точности: 0,2; 0,5; 1,5; 2,5), конструктивными особенностями адаптеров и самих компрессометров. Получено более 15 моделей приборов, составляющих семейство компрессометров «BEST» (таблица 4). В данной таблице показан неполный перечень семейства приборов «BEST». Аналогично могут быть представлены компрессометры для дизельных двигателей с повышенной компрессией – с манометром, имеющим верхний предел измерений 60 кгс/см².

Для обеспечения универсальности компрессометры сформированы в специальные комплекты (представлены в таблице 5 и показаны для примера на рис. 3). Получено пять основных комплектов: бензиновый К.BEST-01В и дизельный К.BEST-01D (преимущественно для автомобилей), тракторный К.BEST-01Т и два универсальных К.BEST-01U и К.BEST-02U. При этом комплект компрессометров К.BEST-02U практически имеет 100-процентную универсальность. При разработке комплектов учтен главный метрологический принцип – соответствие ВПИ приборов интервалам измеряемых величин давлений, что направлено на повышение точности

измерений. Напри-мер, комплект K.BEST-01B включает в себя два компрессометра с ВПИ 16 и 25 кгс/см² – для легковых и грузовых автомобилей с бензиновыми двигателями, имеющими соответственно пониженную и повышенную компрессию.

Таблица 4 – Семейство компрессометров типа «BEST»

<p>Модель (исполнение) и общий вид компрессометра</p>	<p>Область применения и основные характеристики</p>
<p><i>Компрессометры для бензиновых двигателей отечественного и иностранного производства</i></p>	
<p style="text-align: center;">1. BEST-01B</p> 	<p>Для двухтактных двигателей с любым расположением свечей с резьбой М 14 х 1,25, а также с глубоко (до 220 мм) утопленными свечами зажигания и с диаметром свечного углубления не менее 16 мм.</p> <p>Манометр класса точности 1,5 с верхним пределом измерений 1,0 МПа (10 кгс/см²).</p> <p>Способ присоединения к цилиндрам двигателя: безадаптерный – путем ввинчивания наконечника в свечное отверстие за рукав.</p>
<p style="text-align: center;">2. BEST-02B</p> 	<p>Для четырехтактных двигателей с пониженной компрессией - до 1,0 МПа (10 кгс/см²), с любым расположением свечей с резьбой М 14 х 1,25, а также с глубоко (до 220 мм) утопленными свечами зажигания и с диаметром свечного углубления не менее 16 мм.</p> <p>Манометр класса точности 1,5 с верхним пределом измерений 1,6 МПа (16 кгс/см²).</p> <p>Способ присоединения к цилиндрам двигателя – тот же.</p>

<p>Модель (исполнение) и общий вид компрессометра</p>	<p>Область применения и основные характеристики</p>
<p>3. BEST-03B</p> 	<p>Для четырехтактных двигателей с повышенной до 1,6 МПа (16 кгс/см²) компрессией, с любым расположением свечей с резьбой М 14 х 1,25, а также с глубоко (до 220 мм) утопленными свечами зажигания и с диаметром свечного углубления не менее 16 мм.</p> <p>Манометр класса точности 1,5 с верхним пределом измерений 2,5 МПа (25 кгс/см²).</p> <p>Способ присоединения к цилиндрам двигателя – тот же.</p>
<p><i>Компрессометры для дизельных двигателей отечественного и иностранного производства</i></p>	
<p>4. BEST-01D</p> 	<p>Для двигателей с пониженной компрессией и с резьбой в отверстиях под свечи накаливания М 10 х 1,25 и М 12 х 1,25.</p> <p>Манометр класса точности 1,5 с верхним пределом измерений 4,0 МПа (40 кгс/см²).</p> <p>Оснащен адаптерами под отверстия указанных свечей накаливания.</p>

<p>Модель (исполнение) и общий вид компрессометра</p>	<p>Область применения и основные характеристики</p>
<p>5. BEST-02D</p> 	<p>Для двигателей с пониженной компрессией и с резьбой в отверстиях под форсунки М 20 х 2,0 и М 24 х 2,0, а также для двигателей семейства КамАЗ.</p> <p>Манометр класса точности 1,5 с верхним пределом измерений 4,0 МПа (40 кгс/см²).</p> <p>Оснащен адаптерами под резьбовые отверстия указанных форсунок и адаптером «КамАЗ».</p>
<p>6. BEST-03D «КамАЗ»</p> 	<p>Для двигателей семейства КамАЗ.</p> <p>Манометр класса точности 1,5 с верхним пределом измерений 4,0 МПа (40 кгс/см²).</p> <p>Оснащен адаптером «КамАЗ».</p>
<p>7. BEST-01DU</p> 	<p>Универсальный - для всех дизельных двигателей с пониженной компрессией и с резьбой на штуцерах форсунок М 12 х 1,5 и М 14 х 1,5.</p> <p>Манометр класса точности 1,5 с верхним пределом измерений 4,0 МПа (40 кгс/см²).</p> <p>Оснащен адаптерами под штуцеры форсунок с указанной резьбой.</p> <p>Способ присоединения к дизелю: фальшь-форсунка – адаптер – компрессометр.</p>

Модель (исполнение) и общий вид компрессометра	Область применения и основные характеристики
<p style="text-align: center;">8. BEST-02DU</p> 	<p>Универсальный - для всех дизельных двигателей с пониженной компрессией и с резьбой на штуцерах форсунок М 12 х 1,5 и М 14 х 1,5.</p> <p>Манометр класса точности 1,5 с верхним пределом измерений 4,0 МПа (40 кгс/см²).</p> <p>Оснащен свечными, форсуночными и фальшь-форсуночными адаптерами.</p>
<p><i>Примечания:</i></p> <p>1. В данной таблице не показаны компрессометры для дизельных двигателей с повышенной компрессией – с манометром, имеющим верхний предел измерений 60 кгс/см².</p> <p>2. Компрессометры по пунктам 7 и 8 (BEST-01DU и BEST-02DU) названы универсальными по технологическому признаку – по возможности присоединения к различным дизельным двигателям.</p>	

Создание специального «тракторного» комплекта компрессометров К.BEST-01Г обусловлено тем, что дизельные двигатели тракторов, комбайнов и других аналогичных машин оснащены двухтактными бензиновыми двигателями, для определения компрессии которых требуется отдельный компрессометр.

Для обеспечения универсальности приборов их детали и сборочные единицы унифицированы. В основу всего семейства компрессометров типа «BEST» положена конструкция бензинового компрессометра, наконечник которого имеет возможность присоединения как к свечным отверстиям бензиновых двигателей, так и к адаптерам для дизелей.

Следует также отметить, что с целью создания универсальных компрессометров и их комплектов можно воспользоваться сменными манометрами. Конструктивно такая компоновка возможна. Однако это приведет к дополнительным затратам труда при подготовке компрессометров к использованию. Кроме того, в процессе переустановки манометров могут возникнуть неисправности, связанные с нарушением герметичности, что повысит погрешность измерений.

Таблица 5 – Основные комплекты компрессометров типа «BEST» и их характеристики

Комплект	Состав комплекта	Назначение
1. K.BEST-01B	1. Два компрессометра – ВПИ: 16 и 25 кгс/см ² .	Для легковых и грузовых автомобилей с бензиновыми двигателями, имеющими пониженную и повышенную компрессию.
2. K.BEST-01D	1. Два компрессометра – ВПИ: 40 и 60 кгс/см ² . 2. Адаптеры.	Для легковых и грузовых автомобилей с дизельными двигателями, имеющими пониженную и повышенную компрессию.
3. K.BEST-01T	1. Три компрессометра – ВПИ: 10, 40 и 60 кгс/см ² . 2. Адаптеры.	Для тракторов, комбайнов и других самоходных машин с дизельными двигателями, имеющими пониженную и повышенную компрессию, а также оснащенными пусковыми двигателями.
4. K.BEST-01U	1. Четыре компрессометра – ВПИ: 16, 25, 40 и 60 кгс/см ² . 2. Адаптеры.	Для легковых и грузовых автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями, имеющими пониженную и повышенную компрессию.
5. K.BEST-02U	1. Пять компрессометров – ВПИ: 10, 16, 25, 40 и 60 кгс/см ² . 2. Адаптеры.	Для легковых и грузовых автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями, имеющими пониженную и повышенную компрессию. Для тракторов, комбайнов и грузовых автомобилей с дизельными двигателями, имеющими пониженную и повышенную компрессию, а также оснащенными пусковыми двигателями.



Рисунок 3 - Комплект компрессометров K.BEST-01D: слева - два компрессометра – с ВПИ 40 и 60 кгс/см²; справа – адаптеры

Представленные компрессометры и комплекты выпускаются отечественной промышленностью по патентам России на изобретения. Они находят широкое применение в автосервисах, ремонтно-обслуживающих, сельскохозяйственных, автотранспортных, строительных и других предприятиях, эксплуатирующих автотракторную технику. Компрессометры и комплекты типа «BEST» (*в переводе с английского – лучший*) имеют простую конструкцию и в тоже время обладают высокой универсальностью, надежностью, приспособленностью к использованию по назначению, а также улучшенными метрологическими свойствами.

3 Диагностические комплекты типа «ТАД» для автотракторных двигателей

Предназначены для диагностирования топливоподачи низкого давления, топливных насосов высокого давления и форсунок без их снятия с дизеля, а также для измерения компрессии в цилиндрах дизельных двигателей автомобилей и тракторов всех моделей отечественного, иностранного производства и других аналогичных машин с указанными двигателями. Представляют собой (показаны на рисунках 4, 5, 6, 7 и в табл. 6) совокупность универсальных, восстанавливаемых, малогабаритных, переносных промышленных манометрических приборов типа «ТАД» (ТАД – топливная аппаратура дизельных двигателей) в сочетании с компрессометрами типа «BEST».



Рисунок 4 – Комплект приборов К.ТАД-01А:
снизу - ТАД-01НД; сверху - ТАД-01А

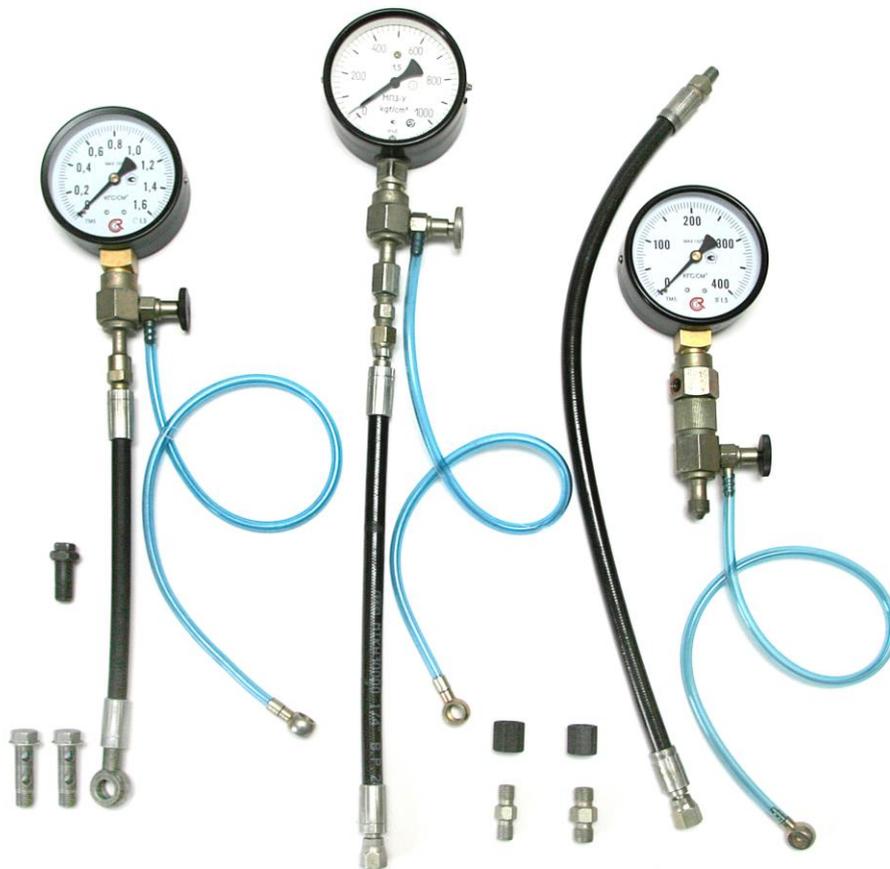


Рисунок 5 – Комплект приборов К.ТАД-02А:
слева - ТАД-01НД; в середине - ТАД-01А; справа - ТАД-02А

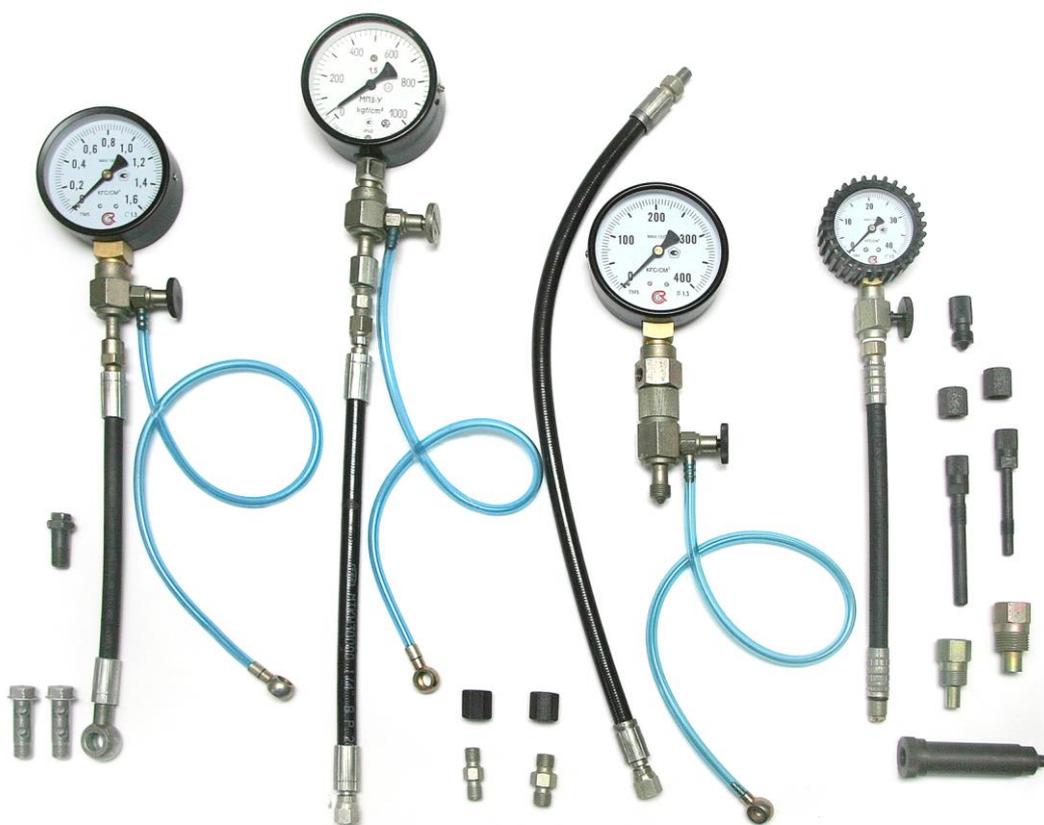


Рисунок 6 – Комплект приборов К.ТАД-03А:
 первый слева - ТАД-01НД; второй - ТАД-01А; третий - ТАД-02А;
 четвертый – компрессометр BEST-02DU



а



б

Рисунок 7 - Общий вид комплектов приборов типа ТАД (в упаковке):
 а – К.ТАД-01А и К.ТАД-02А; б – К.ТАД-03А

Таблица 6 - Комплекты приборов типа «ТАД», их состав и объекты диагностирования

Комплект	Состав комплекта	Объект диагностирования
К.ТАД-01А	ТАД-01НД ТАД-01А	1 Элементы топливopодачи низкого давления 2 Топливный насос высокого давления
К.ТАД-02А	ТАД-01НД ТАД-01А ТАД-02А	1 Элементы топливopодачи низкого давления 2 Топливный насос высокого давления 3 Форсунки
К.ТАД-03А	ТАД-01НД ТАД-01А ТАД-02А BEST-02DU	1 Элементы топливopодачи низкого давления 2 Топливный насос высокого давления 3 Форсунки 4 Цилиндропоршневая группа 5 Газораспределительный механизм

Состав комплектов «ТАД» определен в соответствии с уровнем надежности двигателя. Так, все отказы автотракторных двигателей распределяются по системам и механизмам следующим образом (в % к суммарному числу от-казов по двигателю):

- 50 - по топливной аппаратуре;
- 20 - по цилиндропоршневой группе;
- 15 - по газораспределительному механизму;
- 10 - по системе охлаждения и смазки;
- 5 - по пусковым устройствам.

В результате приборы, например комплекта К.ТАД-03А, позволяют контролировать:

- топливную аппаратуру (элементы топливopодачи низкого давления, ТНВД и форсунки) – дизельтестеры «ТАД»;
- цилиндропоршневую группу и газораспределительный механизм основного двигателя - компрессометры «BEST»;
- пусковой двигатель - компрессометры «BEST».

Это наибольшая часть отказов двигателей - до 85 %. Причем, эти отказы напрямую связаны с топливо-энергетическими параметрами и, следовательно, с эффективностью использования машинно-тракторного парка.

С другой стороны, состав комплектов «ТАД» обусловлен комплексным подходом к диагностированию дизельных двигателей. Обычно считают, что если параметры топливного насоса высокого давления (ТНВД) и форсунок, а также компрессия находятся в допусках, то дизель исправный. Он способен развивать номинальную эффективную мощность при минимальном расходе топлива. Поэтому в процессе эксплуатации периодически, а также по заявке пользователя (например, водителя или механизатора) проверяют состояние топливотпрыскивающей аппаратуры, при необходимости регулируют форсунки и измеряют компрессию.

Представленные приборы и комплекты выпускаются отечественной промышленностью по патентам России на изобретения. Они находят широкое применение в автосервисах, ремонтно-обслуживающих, сельскохозяйственных, автотранспортных, строительных и других предприятиях, эксплуатирующих автотракторную технику. Приборы и комплекты типа «ТАД» имеют простую конструкцию и просты в эксплуатации. При этом они обладают высокой универсальностью, надежностью, приспособленностью к использованию по назначению, транспортабельностью, а также улучшенными метрологическими свойствами. Габаритные размеры не более – 420 × 330 × 50 мм, масса не более - 6 кг. Поставляются в пластиковой упаковке.

Практика показывает, что применение комплектов типа «ТАД» (приборов «ТАД» в совокупности с компрессометрами «BEST») позволяет: повысить ресурс двигателя на 15...20 %, сократить расход топлива на 10...15 %, уменьшить затраты на техническое обслуживание и ремонт на 7...10 %. На этой основе представляется возможным улучшить экологическую безопасность и эффективность использования автомобильного и машинно-тракторного парка.

В завершение проанализируем необходимость и возможность дальнейшего совершенствования приборов «BEST» и «ТАД», а также диагностических комплектов на их базе. Все названные приборы манометрические, то есть механические. На основе этих приборов вполне возможно создание электронных компрессометров и дизельтестеров. Для этого нужно оснастить их датчиками давления с возможностью передачи информации на цифровые электронные указатели или даже на компьютер. Однако это приведет к усложнению и удорожанию приборов. В результате будет утрачено главное преимущество созданных приборов - простота конструкции и эксплуатации. Они будут труднодоступны пользователю. Из-за высокой стоимости приобретения и эксплуатации приборов эффективность диагностирования машин безусловно снизится. Что касается совершенствования комплектов «ТАД», то их можно дополнить манометрическими приборами для диагностирования системы смазки, щупами для проверки тепловых зазоров в газо-распределительном механизме, а также простейшим моментоскопом. Это позволит повысить эффективность применения комплектов «ТАД».

Работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПРЕССИИ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ КОМПРЕССОМЕТРАМИ ТИПА «BEST» И КИ-28125

Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности

Цель работы: изучить особенности конструкций компрессометров типа «BEST» и КИ-28125; получить практические навыки по измерению компрессии автотракторных двигателей; научиться делать заключение о техническом состоянии двигателя по результатам измерения компрессии.

Содержание задания и порядок его выполнения:

- изучить назначение, технические характеристики, устройство и принцип действия компрессометров типа «BEST» и КИ-28125, а также технологию измерения компрессии автотракторных двигателей;
- определить компрессию в цилиндрах дизельного двигателя указанными компрессометрами;
- вычислить неравномерность компрессии по цилиндрам и остаточный ресурс двигателя;
- сделать заключение о его техническом состоянии;
- определить погрешность измерений компрессометра, показавшего наименьший результат.

Примечание – Для получения сопоставимых результатов, сокращения времени и экономии ресурса пусковых устройств измерение компрессии в учебных целях рекомендуется выполнять на одном цилиндре одного и того же двигателя.

Оборудование рабочего места:

- дизель автомобиля «КамАЗ», установленный на обкаточно-тормозной стенд, трактор или автомобиль любой марки;
- компрессометры BEST-02DU и КИ-28125;
- необходимый инструмент.

План отчета (форма отчетности): заполнить протокол по форме 2.

Контрольные вопросы:

- 1 Что следует понимать под компрессией двигателя?
- 2 Как называется прибор для измерения компрессии?
- 3 Каковы конструктивные особенности компрессометра BEST-02DU в сравнении с КИ-28125?
- 4 Каков принцип работы компрессометра?

- 5 Что представляет собой фальшь-форсунка?
- 6 Как подготовить форсунку к использованию в качестве адаптера, компрессометр к работе, а дизельный двигатель к измерению компрессии?
- 7 Какие эксплуатационные ограничения следует соблюдать при измерении компрессии?
- 8 Порядок измерения компрессии бензинового и дизельного двигателя? Чем он отличается?
- 9 Номинальное, допускаемое и предельное значение компрессии бензинового и дизельного двигателя? Для решения каких вопросов эти параметры предусмотрены?
- 10 Как вычислить номинальное значение компрессии, если оно не известно?
- 11 Что означает неравномерность компрессии по цилиндрам двигателя и как ее вычислить?
- 12 Назовите допускаемую неравномерность компрессии по цилиндрам бензинового и дизельного двигателя.
- 13 В каком случае и для чего измеряют компрессию после заливки масла в цилиндры двигателя?
- 14 Как вычислить остаточный ресурс и назначить время очередного контроля технического состояния (измерения компрессии) двигателя?
- 15 Какой компрессометр лучше: BEST-02DU или КИ-28125? Почему?

Правила техники безопасности, необходимые для выполнения лабораторной работы:

- все монтажно-демонтажные работы следует выполнять только при неработающем двигателе и с использованием исправного инструмента;
- при измерении компрессии подача топлива должна быть выключена;
- пускать двигатель должен лаборант по сигналу преподавателя;
- вращающиеся части тормозной установки должны быть ограждены;
- при использовании компрессометров по назначению (при выполнении работы) следует соблюдать эксплуатационные ограничения, указанные в их руководствах по эксплуатации.

Материалы для изучения и порядок выполнения работы

1 Общие сведения о компрессии и компрессометрах

Компрессия – это величина давления, которое создаётся в цилиндре двигателя в конце такта сжатия.

Измеренное значение (результат измерения) компрессии в значительной степени зависит от:

- технического состояния двигателя (цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма);
- условий, при которых производят измерение;
- аппаратной погрешности компрессометра.

Отсюда следует, что при соблюдении идентичности условий испытаний и при использовании достаточно точного компрессометра компрессия является диагностическим параметром, позволяющим объективно оценить исправность двигателя. Далее рассмотрим влияние указанных факторов на результат измерений.

Компрессия неисправного двигателя снижается из-за утечек воздуха на такте сжатия в случае, если имеют место:

- износ цилиндропоршневой группы;
- закоксовывание поршневых колец или их залегание в поршневых канавках;
- разрушение поршневых колец;
- разрегулирование теплового зазора в клапанном механизме;
- износ направляющих втулок клапанов, деформация стержня клапана;
- негерметичность впускных и выпускных клапанов;
- прогорание клапана или поршня;
- наличие трещин в головке блока цилиндров;
- дефекты прокладки головки блока цилиндров.

Предельное (минимальное) значение компрессии соответствует такому состоянию двигателя, при котором его запуск в нормальных условиях эксплуатации не представляется возможным, даже если при этом исправны все другие системы двигателя.

Компрессия как неисправного, так и исправного двигателя существенно зависит от степени сжатия. Чем она выше, тем выше и давление в цилиндре в конце такта сжатия. Простота этой зависимости нередко приводит к ошибочному выводу, что величина компрессии исправного двигателя должна быть численно равна степени сжатия. Фактически она заметно больше. Почему?

Степень сжатия – конструктивный параметр, показывающий соотношение геометрических параметров – полного объема цилиндра над поршнем в нижней мертвой точке (НМТ) и объема камеры сгорания над поршнем, находящимся в верхней мертвой точке (ВМТ). При перемещении поршня из НМТ в ВМТ происходит сжатие реального газа в соответствии с законами термодинамики. На сжатие газа (рабочей смеси или воздуха) затрачивается энергия, которая вызывает повышение его температуры (вспомните нагревание шланга шинного насоса), что, в свою очередь, ведет к увеличению давления в камере сгорания в конце такта сжатия. Дополнительно этому способствует нагревание газа от стенок цилиндра и камеры сгорания, которые прогреты примерно до 90 °С, в то время как всасываемый воздух имеет наружную температуру. Компрессия двигателя резко увеличивается при повышении его температуры до +70 °С и скорости вращения коленчатого вала до 250 об/мин. Поэтому, чтобы получить сопоставимые результаты, *компрессию следует определять на прогретом двигателе, а скорость вращения коленчатого вала принимать такой, какую для данного двигателя обеспечивают исправные заряженная батарея аккумуляторов и стартер.*

Есть и другой фактор, относящийся к условиям измерения компрессии, также имеющий практическое влияние на результат замера. В упрощенном

виде можно принять, что перед тактом сжатия цилиндр заполнен газом, имеющим всегда одинаковое давление, практически – атмосферное. Если указанное давление будет пониженным, то и конечное значение давления (в конце такта сжатия) будет более низким. Цилиндр заполняется во время такта всасывания. При этом в нем создается разрежение и порция воздуха проходит через весь впускной тракт – воздушный фильтр, карбюратор, впускной коллектор и впускной клапан. Чем меньше здесь сопротивление газовому потоку, тем больше будет наполнение цилиндра перед сжатием. Следовательно, *забитый пылью воздушный фильтр может существенно исказить результат измерений компрессии*, даже если воздушная и дроссельная заслонки при этом будут открыты, как положено.

Для измерения компрессии существуют специальные приборы – компрессометры. Компрессометр (*от лат. compressus – сжимание и ... метр*) – прибор для измерений давления рабочей смеси в конце такта сжатия в цилиндре поршневого двигателя внутреннего сгорания.

Заметим, что называть эти приборы компрессиметрами неправильно, хотя в литературе такое название иногда встречается. В настоящее время их выпускают в достаточном количестве как отечественные, так и иностранные фирмы, причем в различном конструктивном исполнении. Как правило, компрессометр состоит из наконечника, вставляемого в свечное отверстие или соединяемого с адаптером, обратного клапана, корпуса с манометром, а также с вентилем или кнопкой для сброса давления. Манометр с наконечником могут быть соединены шлангом или металлической трубкой. Клапан размещен в наконечнике или в корпусе и необходим для того, чтобы стрелка манометра при замере фиксировалась на уровне наибольшего давления.

В связи с изобилием этих приборов появляется другая проблема – выбора: какой компрессометр лучше?

Известен компрессометр К-52, который оснащён наконечником. При использовании указанного прибора требуется значительная сила прижатия к отверстию под свечу или форсунку. Так, например, если диаметр названного отверстия составляет 15 мм, а измеряемое значение компрессии равно номинальному (2,8 МПа или 28 кгс/см² – для дизеля), то в процессе измерений прибор следует прижать к отверстию с силой 500 Н (50 кгс). С точки зрения эргономики, это явно недопустимо. Кроме того, компрессометры с наконечниками не позволяют контролировать утечки в сопряжении ”уплотнительный конус наконечника - отверстие”, а в случае утечки результат измерений всегда искажается в сторону уменьшения.

Существуют компрессометры, снабжённые золотником от автомобильных камер, например модели 179. При использовании этих приборов затруднен сброс давления: золотники рассчитаны на давление до 6 кгс/см², что примерно в 5 раз меньше измеряемого давления в цилиндрах дизеля, а поэтому сила, с которой нужно воздействовать на золотник при сбросе давления во столько же раз больше, чем при спуске воздуха из камеры. И ещё один весьма существенный недостаток этих компрессометров - низкая

надежность и нестабильность показаний вследствие загрязнения резинового уплотнения золотника топливо-воздушной смесью.

В практике технического диагностирования используют также компрессометры с обратным клапаном, оснащённым шариком и пружиной. Примером такой конструкции является компрессометр КИ-861. Основным недостатком этой конструкции является то, что пружина создаёт сопротивление подачи воздуха или смеси в полость манометра, что также существенно искажает в сторону уменьшения действительное значение измеряемого параметра. Кроме того, такой клапан имеет сложную конструкцию.

Из проведенного анализа следует, что при кажущемся многообразии конструкций в нашей стране до настоящего времени не существует пригодного к использованию компрессометра. И не случайно в наших автосервисах применяют компрессометры иностранного производства, например G-320HD TRISKO (Тайвань) или английской фирмы DRAPER.

Эти компрессометры дорогостоящи и недостаточно адаптированы к конструкциям отечественных дизельных двигателей. По этой причине мы вынуждены использовать в качестве присоединительных элементов (адаптеров), так называемые, фальшь-форсунки: штатные форсунки, подготовленные к применению для измерения компрессии. Как правильно их подготовить и использовать? Как изменится погрешность измерений компрессии при их применении? Информация по данным вопросам в литературе отсутствует. Следует отметить, что в последнее время ГОСНИТИ (*Государственный научно-исследовательский институт ремонта и эксплуатации МТП*) предложил адаптеры в виде дистанционных трубок с опорным фланцем и втулками к ним (входят в состав компрессометра КИ-28125). Однако они громоздки (выполнены по форме форсунок), сложны и искажают результат измерений.

В связи с этим нами поставлена задача создания отечественного компрессометра с соответствующими адаптерами. Прибор должен обладать высокой точностью измерений и надёжностью, простотой конструкции, универсальностью и удобством использования по назначению.

Анализ конструкций компрессометров (табл. 7) показывает, что в совокупности компрессометры имеют множество недостатков. Очевидно, что наряду с многочисленными требованиями, предъявляемыми к этим приборам, наиболее предпочтительным следует считать такой компрессометр, который действительно (с наименьшей погрешностью) обеспечивает измерение максимального значения давления воздуха или топливовоздушной смеси в цилиндрах двигателя. При этом желательно, чтобы компрессометр был не только точным, но и универсальным, а также надёжным.

Выбор компрессометра, как и любого другого прибора или изделия, обычно осуществляют по техническим характеристикам. Какая характеристика или их совокупность является при выборе определяющей решает пользователь. При этом учитывают имеющийся опыт применения компрессометра, его стоимость, имидж фирмы-изготовителя и другие данные.

Таблица 7 – Результаты анализа конструкций компрессометров

Особенности конструктивного исполнения	Недостатки
Оснащены наконечниками в виде трубки с уплотнительным конусом.	<p>1 Не позволяют контролировать утечки в сопряжении «уплотнительный конус–свечное отверстие», а в случае утечки результат измерений всегда искажается в сторону уменьшения.</p> <p>2 Требуется значительная сила прижатия к отверстию под форсунку.</p> <p>3 Отсутствует универсальность.</p>
Диаметр наконечника более 16 мм или наконечник выполнен в виде изогнутой трубки.	<p>1 Затруднен доступ к отверстиям, размещенным в глубоких свечных колодцах.</p> <p>2 Отсутствует универсальность.</p>
Клапан выполнен в виде золотника от автомобильной камеры.	<p>1 Затруднен сброс давления.</p> <p>2 Низкая надежность и нестабильность показаний вследствие загрязнения резинового уплотнения золотника топливо-воздушной смесью.</p> <p>3 Золотник быстро забивается копотью.</p> <p>4 Отсутствует универсальность.</p>
Оснащены кнопкой для сброса давления.	<p>1 Затруднен сброс давления.</p>
Клапан размещен в корпусе.	<p>1 Повышена погрешность измерений из-за увеличения объема предклапанной полости.</p>
Клапан снабжен пружиной.	<p>1 Повышена погрешность измерений из-за увеличения сопротивления клапана.</p>
Снабжены манометром только для измерения компрессии бензиновых или дизельных двигателей.	<p>1 Отсутствует универсальность.</p>

2 Технические характеристики компрессометров КИ-28125 и BEST-02DU

Для изучения конструктивных особенностей и эксплуатационных свойств нами выбраны современные универсальные отечественные компрессометры КИ-28125 и BEST-02DU. Они поставлены на производство в России после 2000 года. Компрессометр BEST-02DU входит в состав комплекта приборов типа «ТАД» и относится к семейству компрессометров типа «BEST», включающему в себя более 15 исполнений.

Основные технические характеристики названных компрессометров представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Технические характеристики компрессометров
КИ-28125 и BEST-02DU

Технические характеристики	Компрессометры:	
	КИ-28125	BEST-02DU
1 Назначение	Для измерения компрессии в цилиндрах бензиновых и дизельных двигателей	Для измерения компрессии в цилиндрах бензиновых и дизельных двигателей
2 Применяемость	<ul style="list-style-type: none"> • Для бензиновых двигателей, свечные отверстия которых расположены вне колодцев; • Для отечественных дизельных двигателей типов: А-01М, А-41; Д-21, Д-65Н, Д-240, Д-466; КамАЗ-740; СМД-14, СМД-17К, СМД-60; ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, ЯМЗ-240 	Для всех бензиновых двигателей (с любым расположением свечей, а также с глубоко утопленными свечами зажигания) и всех дизельных двигателей автомобилей и тракторов всех моделей отечественного и иностранного производства, а также других аналогичных машин с указанными двигателями
3 Манометр: <ul style="list-style-type: none"> • тип; • класс точности; • цена деления, МПа (кгс/см²); • пределы измерений, МПа (кгс/см²); • диаметр корпуса, мм 	<p style="text-align: center;">МТП-1М 2,5 0,1 (1,0)</p> <p style="text-align: center;">от 0 до 4,0 (от 0 до 40)</p> <p style="text-align: center;">60</p>	<p style="text-align: center;">ТМ-5 1,6 0,1 (1,0)</p> <p style="text-align: center;">от 0 до 4,0 (от 0 до 40)</p> <p style="text-align: center;">60 или 100</p>

Технические характеристики	Компрессометры:	
	КИ-28125	BEST-02DU
4 Присоединительный элемент	Жёсткий – в виде дистанционной трубки или переходника	Упруго-эластичный рукав высокого давления
5 Способ присоединения к двигателю: • бензиновому; • дизельному	Посредством прижима к свечному отверстию переходника с резиновым наконечником Адаптерный	Посредством ввинчивания наконечника в свечное отверстие при поворачивании рукава рукой (без ключа) Адаптерный
6 Проходной диаметр наконечника – под свечное углубление не менее, мм	Не установлен	16
7 Длина присоединительного элемента, соответствующая глубине погружения наконечника в свечной колодец, мм	0 (указанное погружение наконечника не предусмотрено: переходник жёсткий и имеет дугообразную форму)	220 (длина рукава – расстояние по прямой от корпуса до наконечника)
8 Типы адаптеров	По форме форсунок, оснащены втулками	По форме: • форсунок; • свечей накаливания Универсальный – к фальшь-форсункам

Технические характеристики	Компрессометры:	
	КИ-28125	BEST-02DU
9 Клапан	Оснащен пружиной и размещен в корпусе	Беспружинный и размещен в наконечнике – в начальной точке линии нагнетания
10 Устройство для сброса давления	Кнопочное	Вентильное
11 Габаритные размеры не более, мм	60x125x330	40x100x430
12 Масса не более, кг	2,0	1,4

3 Устройство и принцип работы компрессометра КИ-28125

3.1 Устройство компрессометра КИ-28125.

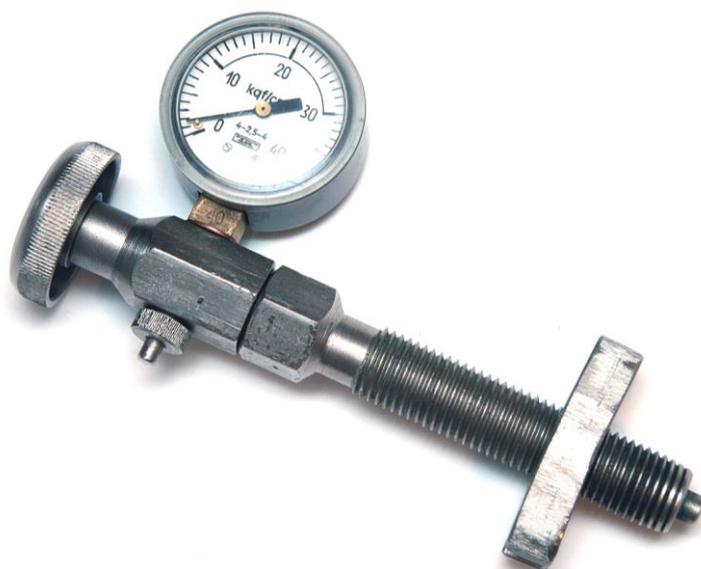
Компрессометр КИ-28125 (показан на рис. 8 и 9) выполнен в двух исполнениях – для бензиновых и дизельных двигателей. Общими частями компрессометра являются: корпус 3 с впускным и выпускным клапанами (не показаны), а также с кнопкой 6 выпускного клапана для сброса давления; манометр 4 и ручка 5, присоединенные к корпусу 3. Каждый клапан снабжен пружиной и резиновым уплотнительным кольцом (не показаны). Впускной клапан размещен в осевом отверстии корпуса 3, а выпускной – в поперечном отверстии – соосно манометру 4. При этом полость манометра 4 через поперечное отверстие скомутирована с полостью выпускного клапана в корпусе 3, которая через осевое отверстие сообщена с полостью впускного клапана. Далее через указанный клапан полость манометра 4 сообщена с полостью соответствующего сменного присоединительного элемента. Кнопка 6 имеет возможность взаимодействия с выпускным клапаном, полость которого с одной стороны сообщена с поперечным и осевым отверстиями корпуса 3, а с другой – с атмосферой. На корпусе 3 выполнена резьба для присоединения к нему сменных элементов, обеспечивающих возможность присоединения компрессометра к цилиндру двигателя. Ручка 5 предназначена для передачи усилия на наконечник при его прижатии к свечному отверстию бензинового двигателя.



а



б



в

Рисунок 8 - Компрессометр КИ-28125: а – составные элементы компрессометра с адаптерами; б, в - в бензиновом и дизельном исполнении в сборе

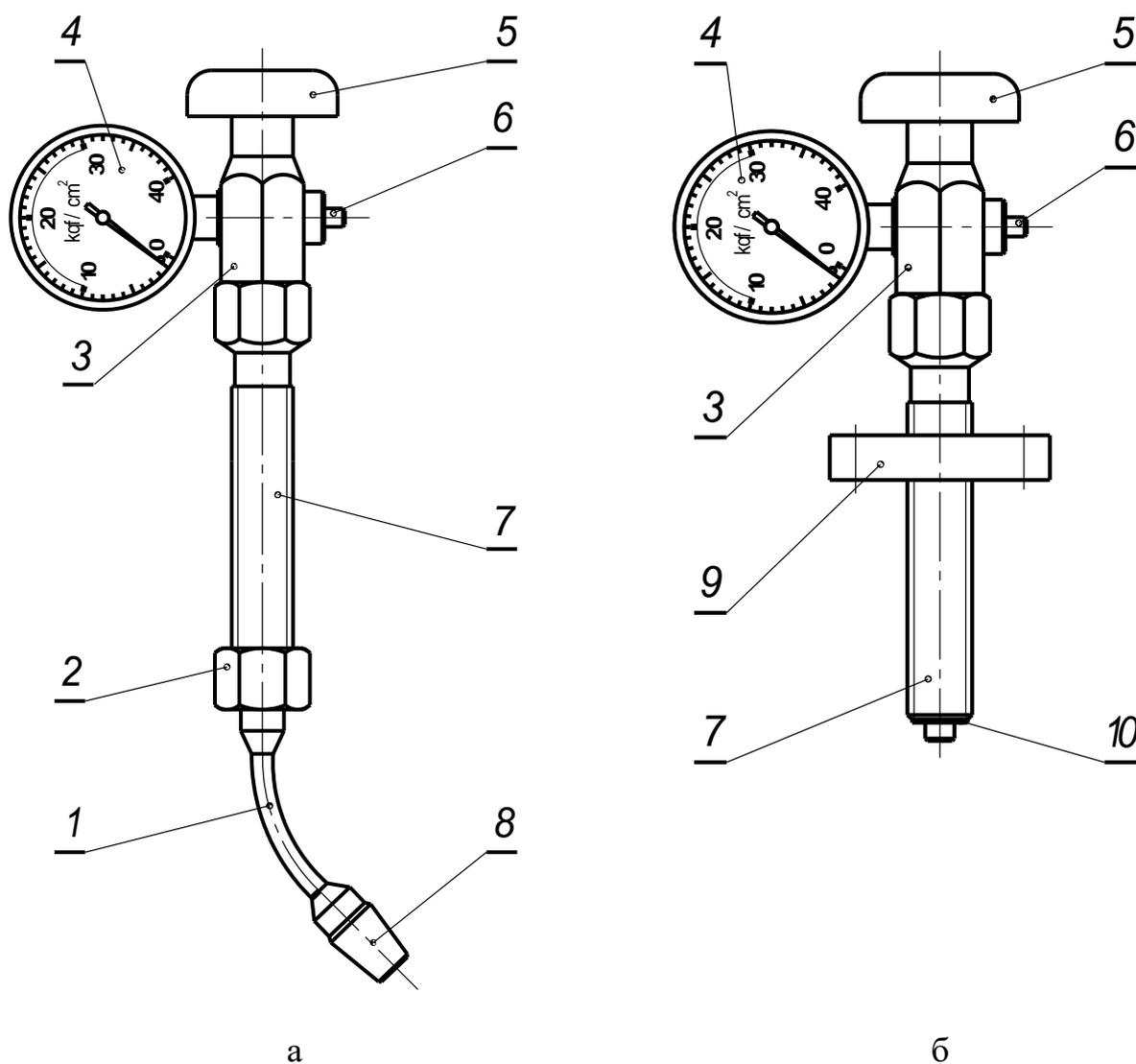


Рисунок 9 - Компрессометр КИ-28125 в бензиновом (а) и дизельном (б) исполнении: 1 – переходник; 2 – гайка накидная; 3 – корпус клапанов; 4 – манометр; 5 – ручка; 6 – кнопка выпускного клапана для сброса давления; 7 – трубка дистанционная; 8 - резиновый наконечник; 9 – фланец опорный; 10 – шайба уплотнительная

Компрессометр в бензиновом исполнении (рис. 9 «а») дополнительно снабжен переходником 1 в виде изогнутой трубки, который присоединен к дистанционной трубке 7 посредством накидной гайки 2. На свободной концевой части указанного переходника выполнен резиновый наконечник 8 для соединения компрессометра со свечным отверстием бензинового двигателя.

В состав компрессометра в дизельном исполнении (рисунок 9 «б») вместо переходника 1 входят две дистанционные трубки 7 (на рисунке для примера показана одна из них) с уплотнительными шайбами 10, опорный фланец 9 и три втулки (не показаны). При этом каждая трубка 7 выполнена с резьбой на внешней поверхности под опорный фланец 9 и втулки, а также имеет возможность соединения с корпусом 3 посредством резьбы, образованной на ее внутренней поверхности.

Две дистанционные трубки 7 с уплотнительными шайбами 10, опорный фланец 9 и три втулки в установленном сочетании между собой являются адаптерами и обеспечивают возможность присоединения компрессометра к различным дизельным двигателям отечественного производства, что показано в Приложении 3.

3.2 Принцип работы компрессометра КИ-28125.

Для измерения компрессии бензинового двигателя компрессометр соединяют со свечным отверстием посредством конического резинового наконечника 8. Для этого вставляют компрессометр указанным наконечником в резьбовое отверстие свечи зажигания и нажимают на ручку 5 до обеспечения герметичного соединения наконечника с отверстием.

Для измерения компрессии дизельного двигателя к корпусу 3 компрессометра присоединяют адаптер в соответствии с Приложением 3. После чего компрессометр присоединяют к двигателю – устанавливают дистанционную трубку в форсуночное отверстие головки цилиндров вместо снятой форсунки. При этом используют опорный фланец, втулки и уплотнительную шайбу, входящие в состав компрессометра, а также штатные элементы дизеля, применяемые для крепления форсунок.

При закрытом выпускном клапане (кнопка 6 отпущена) полость манометра 4 через отверстия в корпусе 3, впускной клапан, полость переходника 1 или дистанционной трубки 7 (рис. 9) скоммутирована с полостью цилиндра двигателя. Прокручивают коленчатый вал двигателя стартером или пусковым устройством и по показаниям стрелки манометра 4 определяют компрессию – максимальное давление в цилиндрах двигателя в конце такта сжатия. Указанное давление фиксируется нагнетательным клапаном и одновременно – манометром 4. Для сброса давления нажимают на кнопку 6, которая воздействует на выпускной клапан и открывает его. При этом полость манометра 4 через выпускной клапан сообщается с атмосферой.

4 Устройство и принцип работы компрессометра BEST-02DU

4.1 Устройство компрессометра BEST-02DU.

Общий вид компрессометра BEST-02DU показан на рис. 10 и 11. В соответствии с рис. 11 он состоит из корпуса 5 с манометром 6 и вентилем 7, рукава 3 высокого давления с ниппелем 4 и наконечником 10, на котором запрессована прижимная втулка 9 и установлено уплотнительное кольцо 2, свободно вращающееся вокруг своей оси. На внешней поверхности свободной части наконечника 10 нарезана резьба M14 x 1,25 для соединения компрессометра с адаптером. В полости наконечника 10 размещён нагнетательный клапан, состоящий из седла 1 в виде винта с цилиндрической головкой под уплотнительное кольцо, с прорезью под отвертку и с отверстием в центре, цилиндрического стержня крестообразной формы – с упорным буртиком и проточкой под уплотнительное кольцо клапана.



Рисунок 10 - Компрессометр BEST-02DU с адаптерами (сверху и снизу)

При этом отверстие седла 1 выполнено с возможностью размещения в нем хвостовика стержня, хвостовик – с лысками (двух противоположных плоскостей, параллельных оси стержня) для пропуска воздуха, верхняя часть стержня – с прорезью, которая также необходима для пропуска воздуха (не показано). Уплотнительное кольцо клапана размещено на стержне – в проточке под буртиком; стержень хвостовой частью подвижно помещен в отверстие седла 1, а седло 1 ввинчено в наконечник 10 и так же загерметизировано уплотнительным кольцом, установленным в проточку под головку седла 1. В корпусе 5 сформирован продольный канал для сообщения полости манометра 6 с полостью рукава 3 и нагнетательного клапана. Указанный канал имеет продувочное отверстие с резьбой, закрываемое и открываемое винтом вентиля 7. На выходе это отверстие дополнено цилиндрической расточкой – гнездом под уплотнительную манжету и прижимной буртик винта. Полость этой расточки сообщена с атмосферой посредством прорезей, выполненных в горизонтальной плоскости и симметрично относительно продувочного отверстия. При этом глубина прорезей не превышает глубины расточки. Винт вентиля 7 выполнен соответственно с проточкой в области пересечения с каналом в корпусе 5, с прижимным буртиком и с образованием лысок (двух противоположных плоскостей, параллельных оси винта) на резьбе, взаимодействующей с резьбой продувочного отверстия.

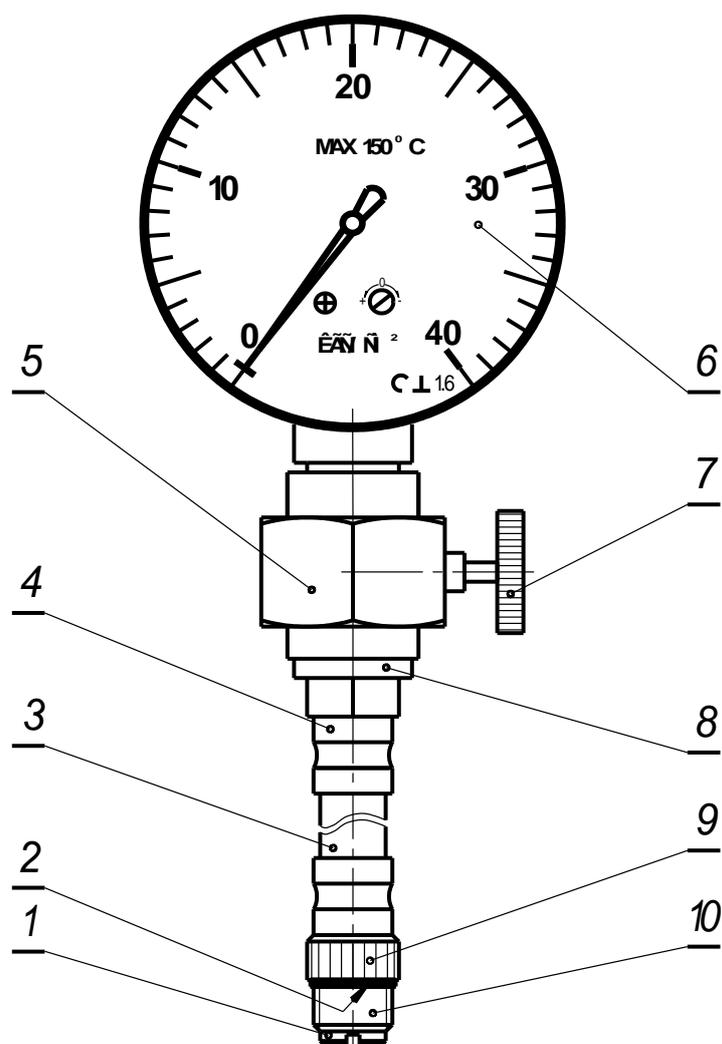


Рисунок 11 - Компрессометр BEST-02DU (общий вид): 1 – седло клапана; 2 – кольцо уплотнительное; 3 – рукав; 4 – ниппель; 5 – корпус; 6 – манометр; 7 – винт вентиля; 8 – шайба уплотнительная; 9 – втулка прижимная; 10 - наконечник

Для обеспечения надежности компрессометра клапан выполнен разборным; уплотнительная манжета вентиля 7 – из фторопласта; прижимная втулка 9 наконечника 10, седло 1 и стержень клапана – из латуни; уплотнительные кольца и рукав – из маслобензостойкой резины. С этой же целью компрессометр оснащен вентиляем 7 для сброса давления. Для снижения аппаратной погрешности предложен беспружинный клапан. В дополнение к этому указанный клапан размещен в наконечнике 10 – в начальной точке линии нагнетания.

Для создания возможности присоединения компрессометра «напрямую» (без адаптеров) к бензиновым двигателям с глубоко утопленными свечами зажигания и удобства использования по назначению в компрессометре предусмотрен упруго-эластичный рукав достаточной длины (220 мм) и с минимальным наружным диаметром концевой части (прижимной втулки 9), равным 16 мм. Следует отметить, что в бензиновых двигателях

иностранного производства свечные колодца достигают глубины 200 мм, а их мини-мальнейший диаметр равен 17 мм. Таким образом, все компрессометры типа «BEST» (в том числе и BEST-02DU) достаточно хорошо адаптированы к их применению на иномарках с бензиновыми двигателями.

Для универсальности компрессометр оснащен «большим» высокоточным манометром класса точности 1,5 с ценой деления 0,1 МПа (1 кгс/см²) и с верхним пределом измерений 4 МПа (40 кгс/см²). При этом указанные метрологические характеристики достаточны для измерения компрессии как бензиновых, так и дизельных двигателей.

4.2. Способы и адаптеры (устройства) для соединения компрессометра BEST-02DU с двигателем.

В состав компрессометра входит набор адаптеров (показаны на рис. 10 и в Приложении 4), которые предназначены для его соединения с полостью цилиндра дизеля. В связи с многообразием конструктивных особенностей дизельных двигателей, их систем питания и топливовпрыскивающей аппаратуры предложено три способа соединения компрессометра с двигателем и соответственно три типа адаптеров:

- свечной – по форме свечей накаливания с резьбой М 10 × 1,25 и М 12 × 1,25;
- форсуночный – по форме форсунок с резьбой М 20 × 1,5, М 24 × 2,0 и двигателей семейства «КамАЗ»;
- универсальный или фальшь-форсуночный (показан на рис. 12) – присоединительный элемент выполнен с возможностью соединения этого адаптера со штуцером фальшь-форсунки посредством накидных гаек.

Каждый адаптер выполнен в виде гайки (из шестигранника – под ключ) с образованием полости с резьбой М 14 × 1,25 под наконечник и с фаской под уплотнительное кольцо. Свободные концы адаптеров – с резьбой для их присоединения к двигателю вместо форсунки или свечи накаливания, либо для соединения со штуцером фальшь-форсунки.

Конструктивной особенностью универсального адаптера является то, что его свободный конец выполнен с образованием левой резьбы М 16 × 1,5 – под накидные гайки и завершен конусом – под коническое углубление штуцера фальшь-форсунки. При этом к универсальному адаптеру прилагаются две накидные гайки, каждая из которых с одной стороны выполнена с левой резьбой М 16 × 1,5 - с возможностью навинчивания на соответствующую резьбу указанного адаптера, а с другой стороны – с правой резьбой М 14 × 1,5 или М 12 × 1,5 для одновременного навинчивания одной из этих гаек на штуцер фальшь-форсунки. Это позволяет присоединять компрессометр как к отечественным двигателям с резьбой на штуцерах форсунок М 14 × 1,5, так и к двигателям иностранного производства, оснащенными форсунками с резьбой на штуцерах М 12 × 1,5.

Фальшь-форсунка – это штатная форсунка (обычно выработавшая свой ресурс), приспособленная к использованию в качестве адаптера.

Возможно три типа фальшь-форсунок со следующей условной комплектностью:

- без иглы распылителя;
- с иглой распылителя;
- с иглой распылителя и с заполнителем – с заполненными полостями штанги и пружины вытеснителем (например, эпоксидной смолой или другим аналогичным веществом).

Во всех фальшь-форсунках отверстие для отвода топлива загерметизировано болтом с уплотнительным кольцом, а на торце (или носике) корпуса распылителя при необходимости выполнено отверстие диаметром от 2 до 3 мм.

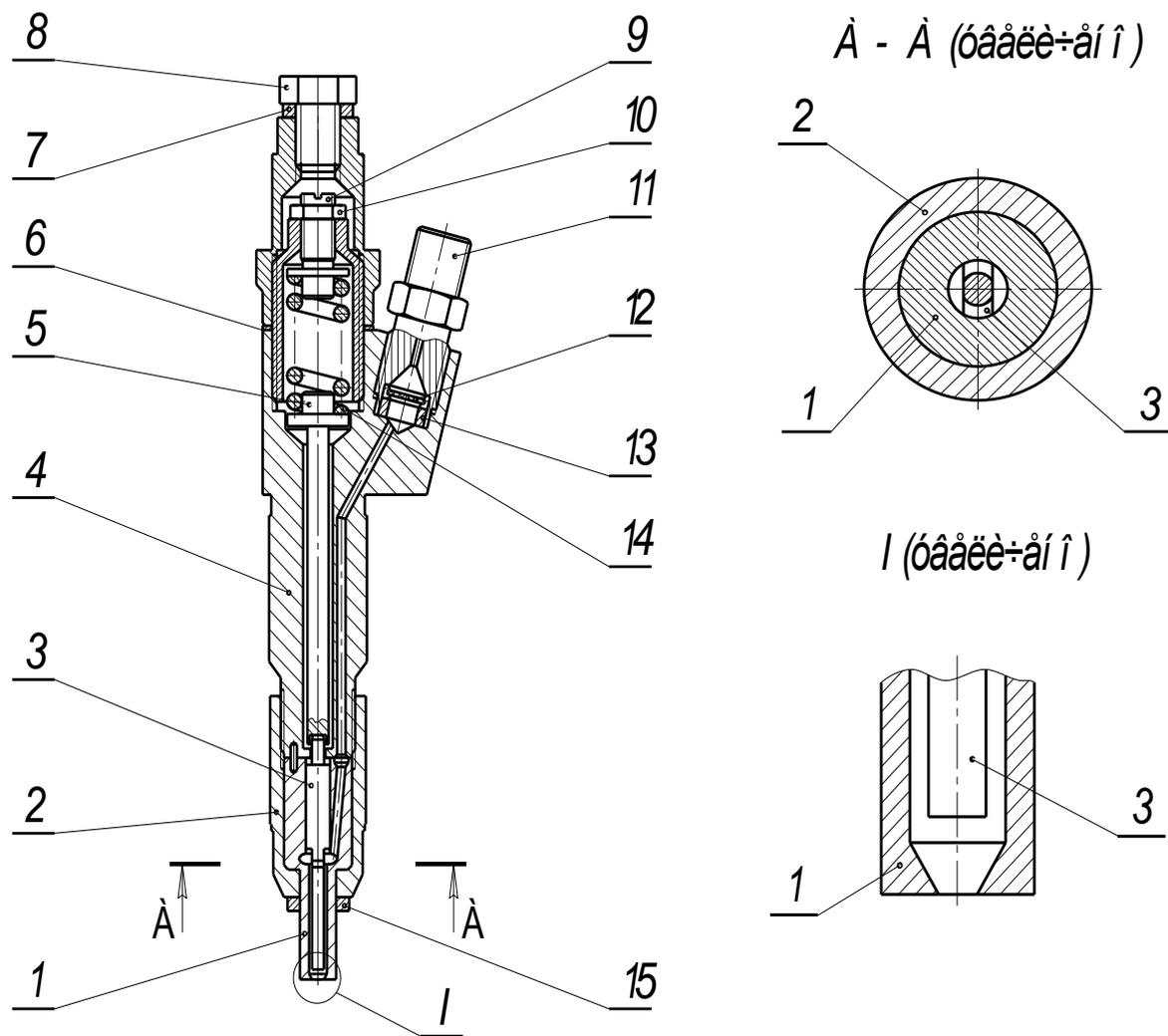


Рисунок 12 – Фальшь-форсунка «с иглой распылителя» двигателя Д-240:

- 1 – корпус распылителя; 2 – гайка распылителя; 3 – игла распылителя;
 4 – корпус; 5 – штанга; 6 – прокладка; 7 – кольцо уплотнительное; 8 – болт;
 9 – винт регулировочный; 10 – гайка; 11 – штуцер; 12 – фильтр;
 13 – стакан фильтра; 14 – пружина; 15 – прокладка

Фальшь-форсунка «без иглы распылителя» (не показана) – самая простая с точки зрения ее подготовки к использованию. Однако удаление иглы приводит к образованию дополнительной «паразитной» полости,

которая может повлиять на результат измерений в сторону его уменьшения, то есть повысить аппаратную погрешность компрессометра. Кроме того, при отсутствии герметичности сопряженных деталей форсунки полость пружины также становится «паразитной».

Фальшь-форсунка «с иглой распылителя» (рис. 12) отличается от штатной тем, что ее игла 3 сточена: со стороны острия (конуса) на 3...4 мм, а в месте конического перехода с меньшего диаметра на больший – до образования двух параллельных плоскостей (лысок), отстоящих друг от друга на расстоянии меньшего диаметра иглы. «Паразитная» полость иглы в ней отсутствует.

Фальшь-форсунка «с иглой распылителя и с заполнителем» (не показана) наиболее сложная по подготовке к использованию. Вместе с тем, в ней отсутствуют указанные «паразитные» полости, и поэтому можно предположить, что такая форсунка в наибольшей степени снижает погрешность измерений.

4.3 Принцип работы компрессометра BEST-02DU.

Для измерения компрессии бензинового двигателя компрессометр (рис. 11) соединяют со свечным отверстием посредством рукава 3 – повертывая рукав, ввинчивают в указанное отверстие наконечник 10 до обеспечения достаточного прижима уплотнительного кольца 2 к соответствующим поверхностям. Данное кольцо, имея круглое поперечное сечение, при небольшом усилии прижимается к указанным поверхностям. При этом оно деформируется с образованием плотного контакта как со стороны поверхности головки цилиндров двигателя, так и торцевой поверхности прижимной втулки 9, что обеспечивает достаточную герметичность соединения. К тому же, в процессе ввинчивания кольцо 2 затормаживается, а наконечник 10 проскальзывает по проточке относительно кольца, что также создает возможность плотного прижима кольца 2 при небольшом усилии. В совокупности это позволяет легко ввинчивать наконечник 10 в свечное отверстие бензинового двигателя, воздействуя на него рукой через рукав 3, - без применения гаечных ключей.

Для измерения компрессии дизельного двигателя компрессометр соединяют с адаптером – ввинчивают в его полость наконечник 10 до обеспечения достаточного прижима уплотнительного кольца к фаске. Кольцо частично «тонет» в указанной фаске, что позволяет надежно герметизировать данное соединение, причем также без применения гаечных ключей – путем затяжки «от руки». После чего адаптер с компрессометром присоединяют к двигателю – ввинчивают его в отверстие под форсунку или свечу накаливания. Универсальный адаптер «Ф-форс» соединяют посредством соответствующей накидной гайки со штуцером фальшь-форсунки, установленной на двигателе вместо штатной. По усмотрению пользователя вначале может быть присоединен к двигателю адаптер, а к нему затем – компрессометр.

При закрытом вентиле 7 его винт ввинчен в корпус 5 и манжета плотно прикрывает продувочное отверстие. При этом полость манометра 6

сообщена с полостью цилиндра двигателя через адаптер (фальшь-форсунку и адаптер), клапан, рукав 3, корпус 5 и проточку на винте, а также с продувочным отверстием – через лыски на винте.

Прокручивают коленчатый вал дизеля стартером или пусковым устройством и по показаниям стрелки манометра 6 определяют компрессию – максимальное давление в цилиндрах двигателя в конце такта сжатия. Указанное давление фиксируется нагнетательным клапаном, размещенным в наконечнике 10, и одновременно – манометром 6. Для сброса давления останавливают двигатель и ослабляют винт – полость манометра 6 сообщается с атмосферой через канал в корпусе 5, продувочное отверстие, через расточку этого отверстия и прорези в корпусе 5. При необходимости вентиль 7 закрывают винтом и повторяют измерение.

5 Подготовка компрессометров к использованию

1 Провести внешний осмотр компрессометра, убедиться в отсутствии повреждений и в его исправности.

2 Закрывать вентиль – при использовании компрессометра BEST-02DU: ввинтить его винт до упора с моментом затяжки, не превышающим $0,49 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ($0,05 \text{ кгс} \cdot \text{м}$).

3 При подготовке к использованию компрессометра КИ-28125 смонтировать его в нужном для этого бензиновом или дизельном исполнении.

При подготовке бензинового варианта присоединить к корпусу переходник 1 посредством накидной гайки 2 (рис. 9).

При подготовке дизельного варианта подобрать соответствующую (согласно Приложению 3) испытываемому двигателю дистанционную трубку с уплотнительной шайбой и присоединить указанную трубку к корпусу, на которую затем навинтить опорный фланец или втулку.

При подготовке компрессометра к испытанию дизелей типа «ЯМЗ» на удлиненную дистанционную трубку (поз. 4 по Приложению 3) установить втулку наибольшего диаметра (поз. 5 по Приложению 3) на расстоянии, соответствующем положению опорного элемента корпуса форсунки. При этом втулку наименьшего диаметра (поз. 7 по Приложению 3) установить на конце резьбовой части указанной дистанционной трубки.

6 Порядок измерения компрессии бензинового двигателя

1 Установить рычаг переключения передач в нейтральное положение и затормозить машину стояночным тормозом.

2 Проверить техническое состояние аккумуляторной батареи, выполнить операции по техническому обслуживанию воздушного фильтра, измерить тепловой зазор между бойками коромысел и торцами стержней клапанов.

Аккумуляторная батарея должна быть заряжена, фильтр – чистым, а величина теплового зазора – соответствовать номинальному значению.

3 Запустить двигатель и прогреть его до номинального теплового режима.

Температура охлаждающей жидкости должна быть в диапазоне от 85 до 95 °С.

4 Снять наконечники проводов со свечей и обесточить катушку зажигания (отсоединить коммутационный провод).

5 Очистить ветошью и продуть сжатым воздухом углубления для свечей в головке цилиндров, вывернуть все свечи зажигания.

6 Провернуть коленчатый вал двигателя пусковым устройством до прекращения появления из камеры сгорания цилиндров следов копоти.

7 Открыть полностью воздушную заслонку и нажать до упора на педаль управления дроссельными заслонками.

8 Ввести наконечник компрессометра BEST-02DU в свечное углубление проверяемого цилиндра и, повертывая рукав, ввинтить резьбовую часть наконечника в свечное отверстие до обеспечения достаточного прижима уплотнительного кольца к поверхности головки цилиндров. При ввинчивании наконечника крутящий момент не должен превышать 0,245 Н·м (0,025 кгс·м).

При использовании компрессометра КИ-28125 вставить его переходник с резиновым коническим наконечником в свечное отверстие и, нажимая на ручку, прижать его для герметизации указанного отверстия.

9 Включить пусковое устройство и зафиксировать по манометру величину максимального давления в цилиндре в момент полного прекращения перемещения стрелки.

10 При необходимости проведения повторных измерений плавно сбросить давление.

При использовании компрессометра BEST-02DU сбросить давление вентилем – ослабить винт вентиля на четверть оборота и после падения давления вновь закрыть вентиль.

Сброс давления следует осуществлять медленно и на малую величину – не более, чем до 0,3 МПа (до 3 кгс/см²) от максимального измеренного значения.

При использовании компрессометра КИ-28125 сбросить давление кнопкой.

11 Провести аналогичные измерения в остальных цилиндрах.

Компрессия в цилиндрах бензинового двигателя должна быть:

номинальная – от 0,75 до 0,80 МПа (от 7,5 до 8,0 кгс/см²);

предельная – 0,65 МПа (6,5 кгс/см²).

Нормативные данные по компрессии основных марок бензиновых двигателей с учетом допускаемых значений приведены в таблице 9.

Если нормативное значение номинальной компрессии (давления газов в конце такта сжатия P_c) для данного двигателя отсутствует в эксплуатационно-технической документации (например, в руководстве по эксплуатации или в технологической карте на диагностирование), то его следует вычислить по известной из теории двигателей внутреннего сгорания

(ДВС) формуле

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1}, \quad (3)$$

где P_a - давление газов в конце впуска, может быть принято равным 0,95 кгс/см²; ε - степень сжатия – из технической характеристики двигателя; n_1 - показатель политропы сжатия, для бензиновых двигателей изменяется в пределах от 1,28 до 1,38. Например: при $P_a = 0,95$ кгс/см²; $\varepsilon = 8,0$; $n_1 = 1,33$ по формуле (3) получим значение номинальной компрессии для данного бензинового двигателя - $P_c = 15$ кгс/см².

Таблица 9 – Нормативные значения компрессии основных марок бензиновых двигателей (по данным ГОСНИТИ)

Марки автомобилей	Компрессия, кгс/см ²		
	номинальная	допускаемая	предельная
ЗИЛ, ГАЗ	10,5	9,0	8,0
ВАЗ-2105, 2107	12,5	11,0	10,0
ВАЗ-2108, 2109	13,0	11,0	10,0
«Пежо»-205	12,0	11,0	9,5
«Шкода-Фаворит»	11,2	10,5	9,6
Москвич-2141	12,0	10,5	9,0
Волга-3110	12,0	10,5	9,0

Примечание – Под допускаемой компрессией понимается такое ее значение, при котором остаточный ресурс цилиндропоршневой группы превышает наработку (пробег) до очередного технического обслуживания.

Если компрессия в цилиндрах бензинового двигателя равна предельному значению или меньше указанного значения, то двигатель требует текущего ремонта.

Если величина компрессии находится в допускаемых пределах, то на следующем этапе определить неравномерность компрессии H по цилиндрам по известной формуле (в %)

$$H = \frac{2(P_{\max} - P_{\min})}{P_{\max} + P_{\min}} 100, \quad (4)$$

где P_{\max} , P_{\min} - полученные максимальные и минимальные значения компрессии в цилиндрах двигателя. Например: при $P_{\min} = 10,5$ кгс/см² и $P_{\max} = 11,0$ кгс/см² по формуле (4) получим $H = 4,7$ %.

Неравномерность компрессии H по цилиндрам бензиновых двигателей допускается до 5 %. Ориентировочно (приблизенно) принимают, что разность показаний в отдельных цилиндрах не должна превышать 0,1 МПа (1,0 кгс/см²).

Если величина компрессии в цилиндре меньше допустимого значения или равна предельному, или неравномерность компрессии более 5 %, то необходимо определить причину неисправности. Для этого снять компрессометр с двигателя и залить в свечное отверстие 100 г моторного масла. Установить вновь компрессометр в свечное отверстие и проверить компрессию в цилиндре. Если компрессия увеличилась более, чем на 30 %, то имеет место износ цилиндропоршневой группы, закоксовывание поршневых колец или их залегание в поршневых канавках и разрушение. Если компрессия в цилиндре не изменилась, то снижение давления может быть вызвано разнообразными причинами, основные из которых:

- разрегулирование теплового зазора в клапанном механизме;
- износ направляющих втулок клапанов, деформация стержня клапана;
- негерметичность впускных и выпускных клапанов;
- прогорание клапана или поршня;
- наличие трещин в головке блока цилиндров;
- дефекты прокладки головки блока цилиндров.

Примечание – Если в эксплуатационно-технической документации на двигатель или автотранспортное средство указаны иные технические требования к измерению компрессии и ее значения, то при оценке состояния цилиндропоршневой группы принимают во внимание данные, приведенные в названной документации.

12 Вычислить остаточный ресурс (наработку от момента контроля параметра технического состояния до его предельного значения - продолжительность безотказной работы машины или ее составной части) по известной из теории прогнозирования формуле

$$t_{ocm} = t \left[\left(\frac{I_n}{I_t} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right], \quad (5)$$

где t – ресурс, использованный ДВС (гильзопоршневой группой) к моменту измерения компрессии (соответствует наработке: трактора - в моточасах, автомобиля - в км пробега); $I_n = \Pi_n - \Pi_n$ – предельное изменение значения параметра; $I_t = \Pi_n - \Pi_t$ – изменение параметра к моменту измерения; Π_n, Π_n – номинальное и предельное значение компрессии; Π_t – измеренное и вычисленное среднее по цилиндрам ДВС значение компрессии; α – показатель степени, характеризующий закономерность изменения значений контролируемого параметра ($\alpha = 1,3$ – для износа цилиндропоршневой группы). Например: при $t = 50000$ км (пробег автомобиля с бензиновым двигателем к моменту измерения компрессии), $\Pi_n = 8,0$ кгс/см², $\Pi_n = 6,5$

кгс/см², $P_t = 7,5$ кгс/см², $\alpha = 1,3$ получим $I_n = 1,5$ кгс/см², $I_t = 0,5$ кгс/см², а по формуле (5) - $t_{осм} = 66400$ км.

При необходимости или в случае отсутствия сведений о наработке остаточный ресурс определяют с учетом времени работы машины между первой и второй проверками. Кроме того, остаточный ресурс двигателя может быть найден по соответствующим номограммам, а также по другим известным методикам.

13 По полученным данным об остаточном ресурсе назначить время очередного контроля технического состояния (компрессии) ДВС.

8 Порядок измерения компрессии дизельного двигателя

1 Установить рычаг переключения передач в нейтральное положение и затормозить машину стояночным тормозом.

2 Проверить техническое состояние аккумуляторной батареи, выполнить операции по техническому обслуживанию воздушного фильтра, измерить тепловой зазор между бойками коромысел и торцами стержней клапанов.

Аккумуляторная батарея должна быть заряжена, фильтр – чистым, а величина теплового зазора – соответствовать номинальному значению.

3 Запустить двигатель и прогреть его до номинального теплового режима.

Температура охлаждающей жидкости должна быть в диапазоне от 85 до 95 С°.

4 Снять форсунку или свечу накаливания только у проверяемого цилиндра.

5 Отключить подачу топлива на дизеле и повернуть коленчатый вал двигателя пусковым устройством до прекращения появления из камеры сгорания цилиндра следов копоти.

6 Присоединить компрессометр BEST-02DU к цилиндру двигателя. Для этого:

а) ввинтить в форсуночное отверстие или в отверстие под свечу накаливания соответствующий адаптер, либо установить на дизель фальшь-форсунку и к ней также присоединить адаптер, используя при этом накидную гайку, резьба которой совпадает с резьбой на штуцере форсунки;

б) присоединить компрессометр к адаптеру - ввинтить в его полость наконечник до обеспечения достаточной герметичности.

По усмотрению пользователя (для удобства) вначале может быть выполнена операция «б», а затем «а».

Присоединение адаптера и установку фальшь-форсунки следует осуществлять в соответствии с требованиями эксплуатационно-технической документации на данный дизель: в установленном для форсунок или свечей накаливания порядке и с заданным моментом затяжки. При этом должна быть обеспечена достаточная герметичность соединения. Присоединение наконечника к адаптеру (или адаптера к наконечнику) нужно выполнять,

прикладывая к нему усилие рукой, - без применения гаечных ключей, что вполне достаточно для обеспечения герметичности. При этом крутящий момент не должен превышать $0,245 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ($0,025 \text{ кгс} \cdot \text{м}$).

В процессе присоединения универсального адаптера к фальшь-форсунке одновременно нужно навинчивать накладную гайку как на штуцер указанной форсунки, так и на адаптер. Для удобства выполнения данной операции предварительно следует навинтить гайку на штуцер форсунки не более, чем на один-полтора оборота. Затем, удерживая гайку, ввинтить в нее на столько же адаптер. После этого завинтить и затянуть гайку окончательно, придерживая адаптер гаечным ключом.

Рекомендации по присоединению компрессометра КИ-28125 к дизельным двигателям заключаются в следующем.

Для прижатия концевой части дистанционной трубки компрессометра к форсуночному отверстию дизелей типа «ЯМЗ» следует использовать рычаги, применяемые для крепления форсунок. Для уплотнения форсуночного отверстия – медную шайбу. Компрессометр устанавливать в форсуночное отверстие посредством дистанционной трубки.

7 Включить пусковое устройство и зафиксировать по манометру величину максимального давления в цилиндре в момент полного прекращения перемещения стрелки.

8 При необходимости проведения повторных измерений плавно сбросить давление.

При использовании компрессометра BEST-02DU сбросить давление вентилем: ослабить винт вентиля на четверть оборота и после падения давления вновь закрыть вентиль. Сброс давления осуществлять медленно и на малую величину – не более, чем до $0,3 \text{ МПа}$ (до 3 кгс/см^2) от максимального измеренного значения.

При работе с компрессометром КИ-28125 сбросить давление кнопкой.

9 Провести аналогичные измерения в остальных цилиндрах.

Компрессия в цилиндрах дизельного двигателя должна быть:

номинальная – $2,8 \text{ МПа}$ (28 кгс/см^2);

предельная – $2,2 \text{ МПа}$ (22 кгс/см^2).

Нормативные данные по компрессии основных марок дизельных двигателей с учетом допускаемых значений приведены в таблице 10.

Если нормативное значение номинальной компрессии (максимального давления газов в конце такта сжатия P_c) для данного двигателя отсутствует в эксплуатационно-технической документации, то его следует вычислить по формуле (3). При этом P_a - давление газов в конце впуска может быть принято равным $0,95 \text{ кгс/см}^2$; ε - степень сжатия – из технической характеристики двигателя; n_1 - показатель политропы сжатия, для дизельных двигателей изменяется в пределах от 1,28 до 1,38. Например: при $P_a = 0,95 \text{ кгс/см}^2$; $\varepsilon = 15$; $n_1 = 1,33$ по формуле (3) получим значение номинальной компрессии для данного дизельного двигателя - $P_c = 35 \text{ кгс/см}^2$.

Таблица 10 – Нормативные значения компрессии основных марок дизельных двигателей (по данным ГОСНИТИ)

Марки дизелей	Компрессия, кгс/см ²		
	номинальная	допускаемая	предельная
ЯМЗ-240Б; ЯМЗ-238НБ; ЯМЗ-236; А-41М; А-01М; Д-108; типа «КамАЗ»	28...30	24	20
Д-240; Д-245; Д-144; Д-65Н; Д-260	27...28	23	17
СМД-60; СМД-62; СМД-72	29...30	25	21
<p><i>Примечание</i> – Под допускаемой компрессией понимается такое ее значение, при котором остаточный ресурс цилиндропоршневой группы превышает наработку (пробег) до очередного технического обслуживания.</p>			

Если величина компрессии в цилиндрах дизеля находится в допускаемых пределах, то на следующем этапе определить неравномерность компрессии H по цилиндрам (в %) по формуле (4). Например: при $P_{\min} = 26$ кгс/см², $P_{\max} = 28$ кгс/см² по формуле (4) получим $H = 7,4$ %.

Неравномерность компрессии H по цилиндрам дизельных двигателей допускается до 8 %. Ориентировочно (приблизительно) принимают, что разность показаний в отдельных цилиндрах дизеля не должна превышать 0,2 МПа (2,0 кгс/см²).

Если величина компрессии в цилиндре больше допускаемого значения или равна предельному, или неравномерность компрессии более 8 %, то необходимо определить причину неисправности. Для этого снять компрессометр с дизеля и залить в форсуночное отверстие 100 г моторного масла. Установить вновь компрессометр на дизель и проверить компрессию в цилиндре. Если компрессия увеличилась более, чем на 30 %, то имеет место износ цилиндропоршневой группы, закоксовывание поршневых колец или их залегание в поршневых канавках и разрушение. Если компрессия в цилиндре не изменилась, то снижение давления может быть вызвано разнообразными причинами, основные из которых:

- разрегулирование теплового зазора в клапанном механизме;
- износ направляющих втулок клапанов, деформация стержня клапана;

- негерметичность впускных и выпускных клапанов;
- прогорание клапана или поршня;
- наличие трещин в головке блока цилиндров;
- дефекты прокладки головки блока цилиндров.

Примечание – Если в эксплуатационно-технической документации на двигатель или автотранспортное средство указаны иные технические требования к измерению компрессии и ее значения, то при оценке состояния гильзо-поршневой группы принимают во внимание данные, приведенные в названной документации.

10 Вычислить остаточный ресурс (наработку от момента контроля параметра технического состояния до его предельного значения) по формуле (5). Например: при $t = 50000$ км (пробег автомобиля с дизельным двигателем к моменту измерения компрессии), $P_n = 28$ кгс/см², $P_n = 22$ кгс/см², $P_i = 25$ кгс/см², $\alpha = 1,3$ получим $I_n = 6$ кгс/см², $I_i = 3$ кгс/см², а по формуле (5) - $t_{ocm} = 35200$ км.

При необходимости или в случае отсутствия сведений о наработке остаточный ресурс определяют с учетом времени работы машины между первой и второй проверками. Кроме того, остаточный ресурс двигателя может быть найден по соответствующим номограммам, а также по другим известным методикам.

11 По полученным данным об остаточном ресурсе назначить время очередного контроля технического состояния (измерения компрессии) двигателя.

Форма 2 - Результаты испытаний двигателя и компрессометров (протокол испытаний)

Параметр	Результаты испытаний, полученные при использовании компрессометров:	
	КИ-28125	BEST-02DU
1 Компрессия по цилиндрам двигателя, кгс/см ² : первый, второй, третий, четвертый	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
2 Полученное минимальное P_{min} значение компрессии в цилиндрах двигателя, кгс/см ²	_____	_____

Параметр	Результаты испытаний, полученные при использовании компрессометров:	
	КИ-28125	BEST-02DU
3 Полученное максимальное P_{max} значение компрессии в цилиндрах двигателя, кгс/см ²	_____	_____
4 Неравномерность компрессии по цилиндрам (по формуле 4), %	_____	_____
5 Соотношение P_{min} и нормативных (по таблице 9 или 10) предельного $P_{к\ пред}$ и допустимого $P_{к\ доп.}$ значений компрессии: $P_{min} > P_{к\ пред}$ (ремонт не требуется); $P_{min} \leq P_{к\ пред}$ (требуется ремонт); $P_{к\ пред} < P_{min} \geq P_{к\ доп.}$ (остаточный ресурс $t_{ост} > 500$ моточасов)	$_____ > _____$ $_____ \leq _____$ $_____ < P_{min} \geq _____$	$_____ > _____$ $_____ \leq _____$ $_____ < P_{min} \geq _____$
6 Остаточный ресурс $t_{ост}$, моточас – по формуле (5) и данным таблицы 9 или 10: при наработке трактора сначала эксплуатации $t = 4200$ моточасов и $\alpha = 1,3$	_____	_____
7 Заключение о техническом состоянии двигателя	_____ _____ _____	_____ _____ _____

Работа № 4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМПРЕССОМЕТРА И ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ДВИГАТЕЛЯ НА ВЕЛИЧИНУ КОМПРЕССИИ

Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности

Цель работы: изучить факторы, влияющие на погрешность компрессометра; получить практические навыки по проведению экспериментальных исследований, а также знания об особенностях конструкции компрессометров и режимов их испытаний, влияющих на погрешность; научиться делать заключение о погрешности приборов.

Содержание задания и порядок его выполнения:

- изучить основные факторы, влияющие на погрешность компрессометра;
- составить методику проведения экспериментальных исследований;
- провести экспериментальные исследования, в результате которых:
 - а) определить аппаратную погрешность компрессометра КИ-28125 в дизельном исполнении в зависимости от объема его предклапанной полости, а также в сравнении с компрессометром BEST-02DU;
 - б) выявить влияние фальшь-форсунки на погрешность компрессометра BEST-02DU;
 - в) определить влияние теплового режима двигателя на результат измерений компрессии и получить математическую модель, обеспечивающую возможность учета температуры в виде поправки.

Оборудование рабочего места:

- двигатель КамАЗ-740, установленный на обкаточно-тормозной стенд;
- компрессометр КИ-28125 со специальными втулками-компенсаторами;
- компрессометр BEST-02DU с адаптерами типа «КамАЗ» и «Ф-форс»;
- фальшь-форсунка, подготовленная на базе штатной форсунки указанного двигателя;
- термометр;
- набор гаечных ключей.

План отчета:

- 1 Проанализировать факторы, влияющие на погрешность компрессометра.
- 2 Иложить методику проведения экспериментальных исследований.
- 3 Заполнить протокол испытаний по приведенным формам 3 и 4,

провести математическую обработку полученных экспериментальных данных и сделать заключение о погрешности компрессометра КИ-28125, а также о влиянии теплового режима двигателя на величину компрессии.

Контрольные вопросы:

1 В каких единицах измеряется абсолютная и относительная погрешность измерений компрессии?

2 Какая известная из теории ДВС зависимость может быть положена в основу математического описания погрешности компрессометра?

3 Что следует понимать под аппаратной погрешностью компрессометра? От каких конструктивных параметров компрессометра она зависит? Какова эта зависимость?

4 Какой конструктивный параметр адаптера и фальшь-форсунки влияет на аппаратную погрешность компрессометра?

5 Что представляет собой «идеальный» компрессометр?

6 Назовите факторы, влияющие на погрешность компрессометра. Укажите их в математическом описании погрешности компрессометра.

7 Почему точность диагноза зависит от погрешности компрессометра? Покажите эту зависимость графически.

8 Как влияет погрешность компрессометра на эффективность диагностирования?

9 Какова методика определения аппаратной погрешности компрессометра КИ-28125 в зависимости от объема его предклапанной полости?

10 Какие условия нужно соблюдать при проведении сравнительных экспериментов?

11 Какие условия нужно выдерживать при определении влияния теплового режима двигателя на результат измерений компрессии?

12 Какой из проверенных компрессометров (КИ-28125 и BEST-02DU) наиболее точный и почему?

13 Почему на результат измерений компрессии влияет тепловой режим двигателя? Какова эта зависимость и каким образом ее можно использовать в практике?

14 Нужно ли прогревать двигатель перед измерением компрессии?

Правила техники безопасности, необходимые для выполнения лабораторной работы:

- все монтажно-демонтажные работы следует выполнять только при неработающем двигателе и с использованием исправного инструмента;
- при измерении компрессии подача топлива должна быть выключена;
- пускать двигатель должен лаборант по сигналу преподавателя;
- вращающиеся части тормозной установки должны быть ограждены;
- при использовании компрессометров по назначению (при выполнении работы) следует соблюдать эксплуатационные ограничения, указанные в их руководствах по эксплуатации.

Материалы для изучения и порядок выполнения работы

1 Математическое описание погрешности компрессометра

Известно, что компрессия – это давление газов в цилиндре ДВС в конце такта сжатия

$$P_c = P_a \left(\frac{V_a}{V_c} \right)^{n_1}, \quad (6)$$

где P_a – давление газов в конце впуска; V_a , V_c – объём газа в конце впуска и в конце сжатия; n_1 – показатель политропы сжатия.

Абсолютная погрешность измерений, МПа (кг/см²):

$$\Delta P = P_\partial - P_u = P_{\max} - P_u \quad (7)$$

где P_∂ , P_u – действительное и измеренное значение компрессии. Примем $P_\partial = P_{\max}$, где P_{\max} – максимальное значение компрессии – по показаниям эталонного компрессометра.

Относительная погрешность измерений, %:

$$\Delta = \frac{\Delta P}{P_{\max}} \times 100\% . \quad (8)$$

Математическое описание P_u с учётом:

а) объёма предклапанной полости компрессометра:

$$P_u = P_a \left(\frac{V_a}{V_c + V_k} \right)^{n_1 - n_k}; \quad (9)$$

б) эффекта демпфирования рукава:

$$P_u = P_a \left(\frac{V_a}{V_c + V_k + V_p} \right)^{n_1 - n_k - n_p}; \quad (10)$$

в) утечек газов – при негерметичности соединений компрессометра:

$$P_u = P_a \left(\frac{f_y V_a}{V_c + V_k + V_p} \right)^{n_1 - n_k - n_p - n_y}; \quad (11)$$

г) сопротивления клапана R_k :

$$P_u = P_a \left(\frac{f_y V_a}{V_c + V_k + V_p} \right)^{n_1 - n_k - n_p - n_y} - R_k, \quad (12)$$

где V_k , V_p – объём предклапанной полости компрессометра и объём полости рукава, образовавшейся при демпфировании; n_k , n_p , n_y – уровень снижения политропы сжатия за счёт объёма предклапанной полости, демпфирования рукава и утечек; f_y – коэффициент, учитывающий снижение степени сжатия $\left(\xi = \frac{V_a}{V_c} \right)$ при утечках.

Отсюда – с учётом (6), (7), (8), (12) – получим математическое описание погрешности компрессометра: абсолютной:

$$\Delta P = P_a \left(\frac{V_a}{V_c} \right)^{n_1} - P_a \left(\frac{f_y V_a}{V_c + V_k + V_p} \right)^{n_1 - n_k - n_p - n_y} - R_k, \text{ МПа}$$

относительной:

$$\Delta = \frac{P_a \left(\frac{V_a}{V_c} \right)^{n_1} - P_a \left(\frac{f_y V_a}{V_c + V_k + V_p} \right)^{n_1 - n_k - n_p - n_y} - R_k}{P_a \left(\frac{V_a}{V_c} \right)^{n_1}} \times 100\% .$$

Проанализируем найденную математическую модель аппаратной погрешности. Итак, при $V_k=0$ (если предкамерная полость отсутствует, когда клапан компрессометра размещен в начальной точке линии нагнетания – в наконечнике), $V_p=0$ (демпфирование не наблюдается), $f_y=1$ (утечек нет), $R_k=0$ (клапан беспружинный) n_k , n_p , n_y и ΔP , Δ также равны нулю. Отсюда, аппаратная погрешность такого (идеального) компрессометра не зависит от его конструкции и определяется классом точности манометра.

2 Аппаратная погрешность компрессометра и «погрешность» диагноза

Для определения влияния аппаратной погрешности компрессометра на заключение о техническом состоянии двигателя (на достоверность диагноза) были проведены сравнительные испытания пяти компрессометров. Один из них – компрессометр типа «BEST», другие выбраны для эксперимента случайным образом: показаны на рис. 13, их краткое описание - в таблице 11.

При этом не принимались во внимание компрессометры, оснащенные

наконечниками (например, К-52), так как при их использовании требуется значительная сила прижатия к отверстию под форсунку. Так, например, если диаметр указанного отверстия составляет 15 мм, а измеряемое значение компрессии равно номинальному (2,8 МПа или 28 кгс/см²), то в процессе измерений прибор следует прижимать к отверстию с силой 500 Н (50 кгс). С точки зрения эргономики это явно недопустимо. Кроме того, компрессометры с наконечниками не позволяют контролировать утечки в сопряжении «уплотнительный конус–отверстие под форсунку» (это также относится и к процессу измерения компрессии бензинового двигателя – сопряжение «конус-свечное отверстие»), а в случае утечки результат измерений всегда искажается в сторону уменьшения. Мы также не принимали во внимание компрессометры, снабженные золотником от автомобильных камер. При использовании этих приборов затруднен сброс давления: золотники рассчитаны на давление до 6 кгс/см², что примерно в 5 раз меньше измеряемого давления в цилиндрах дизеля, а поэтому сила, с которой нужно воздействовать на золотник при сбросе давления во столько же раз больше, чем при спуске воздуха из камеры. И еще один существенный недостаток этих компрессометров – низкая надежность и нестабильность показаний вследствие загрязнения резинового уплотнения золотника топливо-воздушной смесью.



Рисунок 13 - Компрессометры, выбранные для сравнительных испытаний (обозначения в таблице 11)

Таблица 11 – Описание компрессометров, представленных на рис. 13

Номер ком-прессометра (по рис. 13 снизу вверх)	Обозначение (модель)	Фирма-изготовитель	Конструктивные особенности
1	BEST	Российская научно-производственная фирма «Политехник» (Россия)	Клапан беспружинный и размещен в наконечнике; вентиль - для сброса давления; рабочее давление рукава - 8 МПа (80 кгс/см ²)
2	G-320HD	TRISCO (Тайвань)	Клапан с пружиной - в корпусе; кнопка - для сброса давления; рабочее давление рукава - 8 МПа
3	«Универсальный»	Не установлена (Украина)	Клапан с пружиной - в корпусе; вентиль - для сброса давления; рабочее давление рукава - 8 МПа
4	«Дизельный» (МП-63)	Не установлена (Россия)	Клапан с пружиной - в корпусе; кнопка - для сброса давления; пружина - для предотвращения перегибов рукава; рабочее давление рукава - 4 МПа

Сравнительные испытания выбранных компрессометров были проведены по одной и той же методике и в идентичных условиях: при одной и той же температуре окружающей среды – 18 °С; на одном и том же цилиндре дизеля Д-50; в одном и том же режиме работы обкаточно-тормозного стенда – при обеспечении частоты вращения коленчатого вала двигателя – 150 об/мин; при одинаковом тепловом режиме двигателя – при температуре охлаждающей жидкости – 80 °С; при поочередном подсоединении каждого прибора к одной и той же фальшь-форсунке, установленной на дизеле вместо штатной; при отсутствии утечек в названном соединении. При этом испытания каждого компрессометра проводились с одинаковой повторностью, равной 5, что достаточно для обеспечения надежности опытов в

пределах 0,9. Результаты испытаний представлены в таблице 12, где во втором столбце в скобках дополнительно указано среднее квадратическое отклонение показаний компрессометров.

Таблица 12 – Результаты испытаний компрессометров

Компрессометры	Среднее значение показаний, кгс/см ²	Погрешность измерений:		Соотношение показаний (средних значений компрессии) с нормативными данными и диагноз
		абсолютная, кгс/см ²	относительная, %	
BEST (принят за эталон)	29,5 (± 0,2)	0	0	Выше номинального на 1,5 кгс/см ² или на 5,4 %: <i>«Дизель исправный»</i>
G-320HD	28,6 (± 0,1)	0,9	3,1	Выше номинального на 0,6 кгс/см ² или на 2,1 %: <i>«Дизель исправный»</i>
«Универсальный»	27,4 (± 1,4)	2,1	7,1	Ниже номинального на 0,6 кгс/см ² или на 2,1 %: <i>«Дизель исправный»</i>
«Дизельный» (МП-63)	13,5 (±2,0)	16,0	54,2	Ниже предельного на 6,0 кгс/см ² или на 27,3 %: <i>«Дизель неисправный»</i>

Анализ полученных результатов испытаний показывает следующее.

Лучшим компрессометром из представленных оказался «BEST», поскольку он показал максимальное давление – 29,5 кгс/см². Для дальнейшего анализа этот прибор условно принят за эталонный.

Несколько хуже – G-320HD: относительная погрешность измерений (она найдена как отклонение от максимального значения – от результата измерений эталонным прибором) – 3,1%, что не превышает 5%, допускаемых в условиях эксплуатации.

Еще хуже – «Универсальный»: погрешность измерений – 7,1%, что больше 5%.

Абсолютно непригодный к использованию компрессометр МП-63 – он показал давление почти в 2 раза меньше, чем эталонный.

Разумеется, что погрешность измерений (в данном случае – аппаратная) – важнейшая качественная характеристика компрессометра и прежде всего потому, что от нее зависит точность диагноза. Для того, чтобы в этом убедиться были сопоставлены средние значения показаний каждого прибора с нормативными. Для дизелей по многочисленным рекомендациям ГОСНИТИ номинальное давление составляет 28,0; предельное – 22,0 кгс/см². Оказалось (табл. 12), что компрессометры «BEST» и G-320HD дали результат выше номинального давления соответственно на 5,4 и 2,1%. Отсюда диагноз по показаниям названных приборов: «дизель исправный», где под словом «дизель» имеется в виду только цилиндропоршневая группа и газораспределительный механизм. Компрессометр «Универсальный» также «показывает», что «дизель исправный», но точность диагноза сомнительна, так как погрешность измерений данного прибора выше допустимого уровня (5%) и составляет 7,1%. По показаниям компрессометра МП-63 диагноз противоположный: «дизель неисправный». Однако фактически – дизель исправный, а названный прибор не работоспособен и не пригоден к использованию по назначению. Более того, он вводит пользователя в заблуждение.

Поскольку в данном исследовании максимальное давление в цилиндре дизеля постоянно (методика и условия испытаний идентичны), то измеренное значение этого параметра, а следовательно и погрешность измерений, зависит только от конструктивных особенностей каждого компрессометра. С этой точки зрения компрессометр BEST наиболее совершенный: его клапан выполнен без пружины и размещен в наконечнике - в начальной точке линии нагнетания, он оснащен простым и всегда герметичным (более надежным, чем кнопка) вентилем для сброса давления. Эти конструктивные особенности существенно влияют на результат измерений и их безусловно следует учитывать при выборе и использовании компрессометра по назначению.

3 Методика экспериментального исследования аппаратной погрешности компрессометров КИ-28125 и BEST-02DU

Полученные результаты математического моделирования и экспериментального исследования, а также практика использования компрессометров, имеющих различное конструктивное оформление, показывает, что наименьшую аппаратную (инструментальную) погрешность имеют такие приборы, у которых впускной клапан расположен в наконечнике – в начальной точке линии нагнетания. Если указанный клапан размещен в корпусе, то при такой компоновке образуется предклапанная полость, которая дополняет объем камеры сгорания. В связи с этим измеренное

значение компрессии может существенно отличаться от действительного.

Кроме того, в последнее время многие предприятия-изготовители компрессометров в качестве адаптеров рекомендуют фальшь-форсунки. При использовании компрессометра BEST-02DU также предусмотрено применение фальшь-форсунок с соответствующим адаптером. Вполне возможно, что полости этих форсунок увеличивают предклапанную полость компрессометра и, как следствие, повышают его аппаратную погрешность.

Задачи экспериментального исследования:

- определить аппаратную погрешность компрессометра КИ-28125 в дизельном исполнении в зависимости от объема его предклапанной полости, а также в сравнении с компрессометром BEST-02DU;

- выявить влияние фальшь-форсунки на погрешность компрессометра BEST-02DU.

Оборудование и приборы: двигатель КамАЗ-740, установленный на обкаточно-тормозной стенд; фальшь-форсунка, подготовленная на базе штатной форсунки указанного двигателя; компрессометр КИ-28125, оснащенный пятью втулками-компенсаторами (рис. 14, таблица 13); компрессометр BEST-02DU с адаптерами типа «КамАЗ» и «Ф-форс»; набор гаечных ключей.

Порядок выполнения экспериментов следующий.

После измерения компрессии в одном из цилиндров двигателя компрессометром КИ-28125, подготовленным к работе в соответствии с руководством по его эксплуатации, полость дистанционной трубки 9 последовательно заполняют втулками-компенсаторами 8, имеющими одинаковые геометрические параметры. При этом каждый раз производят измерение компрессии в том же цилиндре двигателя и в идентичных условиях: в одном и том же режиме работы обкаточно-тормозного стенда – при обеспечении частоты вращения коленчатого вала двигателя – 150 об/мин; при одинаковом тепловом режиме двигателя – при температуре охлаждающей жидкости – 80 °С; при отсутствии утечек в уплотнении компрессометра и в его соединениях.

Подготовка компрессометра КИ-28125 к испытаниям для получения первой точки информации (без втулок-компенсаторов 8), а также испытания для нахождения первой и последующих точек производятся в соответствии с руководством по эксплуатации указанного прибора.

Установка первой и последующих втулок-компенсаторов 8 в полость дистанционной трубки 9 осуществляется следующим образом. После завершения испытаний для получения первой точки информации приступают к установке первой втулки-компенсатора 8. Удерживая гаечным ключом трубку 9 в исходном зафиксированном положении, вывинчивают из нее за ручку 5 или посредством другого гаечного ключа корпус 3 компрессометра. После чего в полость указанной трубки 9 опускают втулку-компенсатор 8. Затем таким же образом ввинчивают корпус 3 в трубку 9. Таким образом, при установке очередной втулки-компенсатора 8 в трубку 9 последняя остается на двигателе, а корпус 3 вывинчивается из нее и затем вновь устанавливается на место.

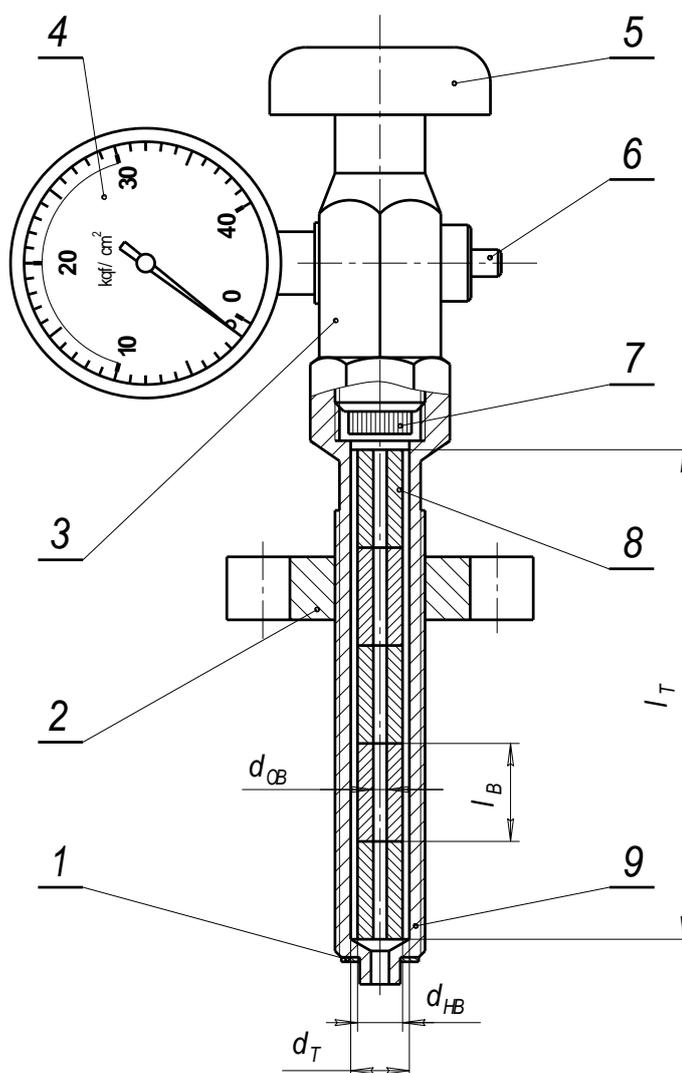


Рисунок 14 – Компрессометр КИ-28125, подготовленный к испытаниям:
 1 – шайба уплотнительная; 2 – фланец опорный; 3 – корпус клапанов;
 4 – манометр; 5 – ручка; 6 – кнопка выпускного клапана для сброса
 давления; 7 – клапан впускной; 8 - втулка-компенсатор; 9 – трубка
 дистанционная (другие обозначения в таблице 13)

При необходимости производят подтяжку элементов крепления компрессометра к цилиндру двигателя. Компрессометр готов к испытаниям для получения второй точки информации. Аналогичные операции выполняют при установке в дистанционную трубку 9 следующих втулок-компенсаторов 8.

По завершению экспериментов компрессометр КИ-28125 снимают с дизеля в обратном порядке, свинчивают с корпуса 3 дистанционную трубку 9 и поворачивают ее шестигранной частью вниз – втулки-компенсаторы 8 выпадают из ее полости под действием силы тяжести. Испытания компрессометра КИ-28125 на аппаратную погрешность в зависимости от объема предклапанной полости завершены. Полученные данные заносят в протокол испытаний (форма 3).

Таблица 13 – Геометрические параметры полости дистанционной трубки компрессометра КИ-28125 и втулок-компенсаторов

Геометрические параметры, мм:	
дистанционной трубки	втулок-компенсаторов
$d_T = 14,0$	$d_{НВ} = 13,0$
$l_T = 97,5$	$d_{ОВ} = 3,0$
	$l_B = 19,5$
<p><i>Примечание</i> – Символами обозначены: d_T и l_T - соответственно диаметр и длина цилиндрической части дистанционной трубки, занятой по длине всеми втулками-компенсаторами; $d_{НВ}$ и $d_{ОВ}$ - наружный диаметр и диаметр отверстия втулки-компенсатора; l_B – длина втулки-компенсатора.</p>	

Затем незамедлительно (это требуется для обеспечения идентичности испытаний) измеряют компрессию в этом же цилиндре компрессометром BEST-02DU вначале с форсуночным адаптером типа «КамАЗ», а затем – с фальшь-форсункой и с соответствующим адаптером (рис. 15). Это необходимо: в первом варианте испытаний - для определения и оценки погрешности компрессометра КИ-28125 в сравнении с BEST-02DU, в котором объем предклапанной полости значительно меньше, а во втором – для установления влияния фальшь-форсунки на погрешность компрессометра BEST-02DU. Подготовку компрессометра BEST-02DU к испытаниям, а также измерение компрессии производят в соответствии с его руководством по эксплуатации. Полученные данные также заносят в протокол испытаний (форма 3).

Повторность всех испытаний одна и та же и равна 5, что достаточно для обеспечения надежности опытов в пределах 0,9.

Необходимые вычисления выполняют по следующей методике.

Объем предклапанной полости $V_{П}$, соответствующий каждой i -той точке информации, вычисляют по формуле

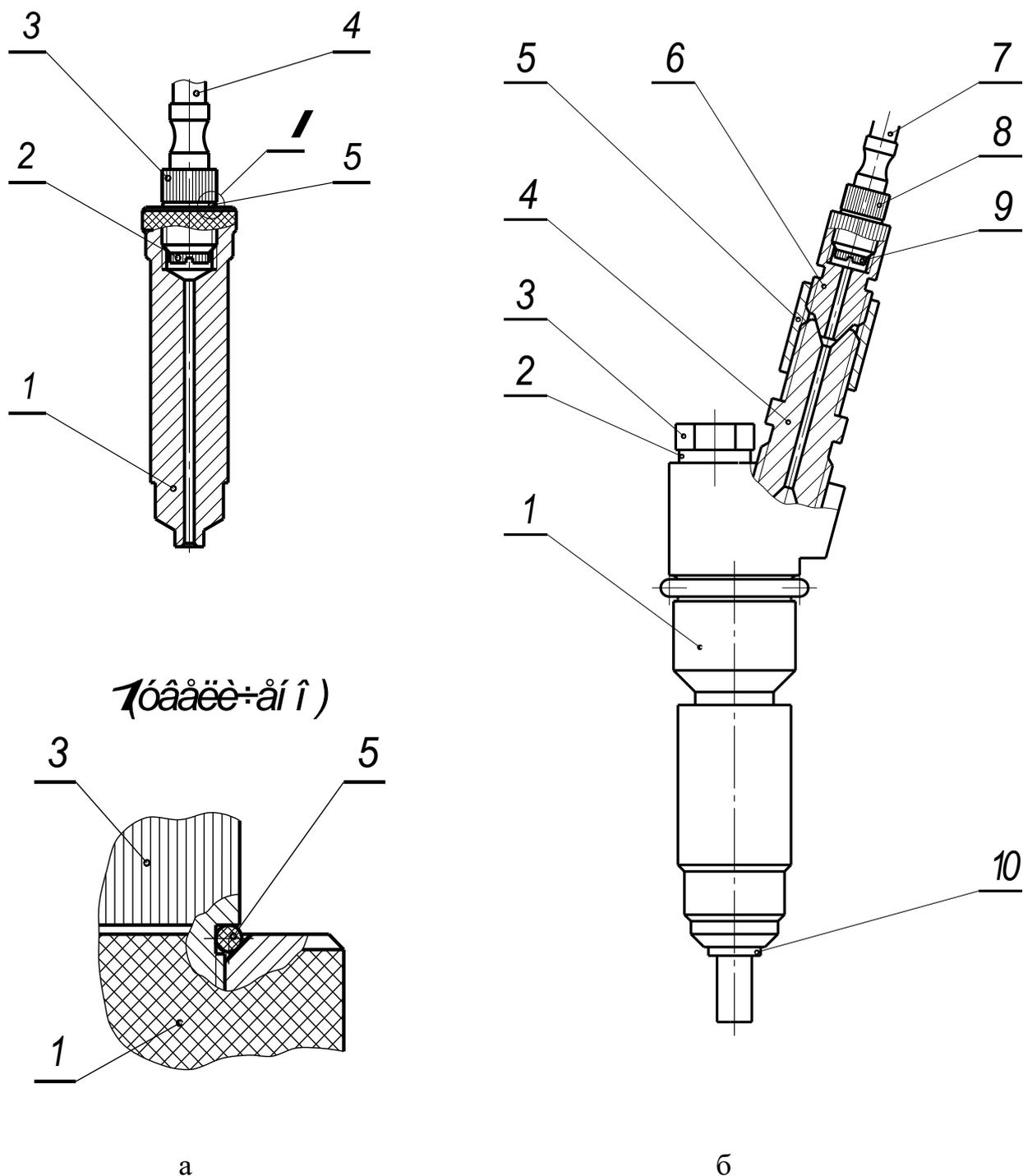


Рисунок 15 – Компрессометр BEST-02DU, подготовленный к испытаниям:
 а) - с форсуночным адаптером типа «КамАЗ»: 1 – адаптер; 2 – клапан компрессометра; 3 – наконечник; 4 – рукав; 5 – кольцо уплотнительное;
 б) - с фальшь-форсункой и с адаптером типа «Ф-форс»: 1 – корпус форсунки; 2 – шайба уплотнительная; 3 – болт; 4 – штуцер; 5 - гайка накидная;
 б – адаптер; 7 – рукав компрессометра; 8 – наконечник; 9 – клапан компрессометра (другие обозначения в таблице 14)

Таблица 14 – Геометрические параметры полостей адаптеров, используемых при исследовании их влияния на аппаратную погрешность компрессометра BEST-02DU

Геометрические параметры:		
форсуночного адаптера типа «КамАЗ»	фальшь-форсуночного адаптера типа «Ф-форс»	фальшь-форсунки «КамАЗ»
$d_{OA} = 3,0 \text{ мм}$	$d_{OF} = 3,0 \text{ мм}$	-
$l_{OA} = 84,0 \text{ мм}$	$l_{OF} = 19,0 \text{ мм}$	-
$V_{ПОА} = 594 \text{ мм}^3$	$V_{ПОФ} = 134 \text{ мм}^3$	$V_{ПФФ} = 500 \text{ мм}^3$
<p><i>Примечания:</i></p> <p>1 Символами обозначены: d_{OA}, l_{OA} и d_{OF}, l_{OF} - диаметр и длина отверстия соответственно форсуночного и фальшь-форсуночного адаптеров; $V_{ПОА}$, $V_{ПОФ}$ - объем предклапанной полости, образованный отверстием форсуночного и фальшь-форсуночного адаптеров; $V_{ПФФ}$ - объем предклапанной полости, образованный полостью фальшь-форсунки (определен заливкой в ее полость дизельного топлива при помощи пипетки аптечной с ценой деления 0,0625 и верхним пределом измерений 5 мл).</p> <p>2 Суммарный объем предклапанной полости, образованной фальшь-форсуночным адаптером и фальшь-форсункой «КамАЗ» $\sum V_{ПФФ} = V_{ПОФ} + V_{ПФФ} = 134 + 500 = 634 \text{ мм}^3$.</p>		

$$V_{\Pi i} = \sum V_{\Pi} - n_{Vi} V_B + \Delta V_{\Pi}, \quad (13)$$

где $\sum V_{\Pi}$ - объем цилиндрической части дистанционной трубки; ΔV_{Π} - неучтенный объем полости дистанционной трубки (не занят втулками-компенсаторами) – образованный: коническим углублением в ней, зазором между торцевой поверхностью свободной части втулки-компенсатора и торцевой поверхностью впускного клапана, зазором между боковыми поверхностями трубки и впускного клапана.

При этом

$$\sum V_{\Pi} = \pi d_T^2 l_T / 4, \quad (14)$$

$$V_B = (\pi l_B / 4) (d_{HB}^2 - d_{OB}^2), \quad (15)$$

где d_T и l_T - соответственно диаметр и длина цилиндрической части дистанционной трубки, занятой по длине всеми втулками-компенсаторами; l_B - длина втулки-компенсатора; $d_{нв}$ и $d_{ов}$ - наружный диаметр и диаметр отверстия втулки-компенсатора.

Тогда формула (13) с учетом выражений (14) и (15) примет следующий вид

$$V_{Pi} = (\pi / 4) [d_T^2 l_T - n_{Bi} l_B (d_{нв}^2 - d_{ов}^2)] + \Delta V_{Pi} \quad (16)$$

Величина ΔV_{Pi} в сравнении с $\sum V_{Pi}$ ничтожно мала и поэтому ею можно пренебречь. С учетом этого (при $\Delta V_{Pi} = 0$) формула (16) примет окончательный вид

$$V_{Pi} = (\pi / 4) [d_T^2 l_T - n_{Bi} l_B (d_{нв}^2 - d_{ов}^2)] \quad (17)$$

Геометрические параметры для вычислений объема предклапанной полости, соответствующего каждой i -той точке информации V_{Pi} приведены в таблице 13, результаты вычислений - в таблице 15.

Таким образом, число точек информации - 6. В соответствии с таблицей 15 имеем следующие точки информации: одна (первая) точка - компрессометр полностью соответствует руководству по эксплуатации (без указанных втулок) и плюс пять точек, каждая из которых получена после помещения в полость дистанционной трубки первой и последующих четырех втулок-компенсаторов.

Таблица 15 – Точки информации при испытании компрессометра КИ-28125 на аппаратную погрешность

Обозначение и порядковый номер точек информации	Число втулок-компенсаторов n_{Bi} , установленных в дистанционную трубку	Объем предклапанной полости V_{Pi} , мм ³
$i = 1$	0	15001
$i = 2$	1	12552
$i = 3$	2	10103
$i = 4$	3	7654
$i = 5$	4	5205
$i = 6$	5	2756

Примечание – Следует иметь в виду, что $V_{Pi} = 2756$ мм³ - это объем, образованный отверстиями втулок-компенсаторов, а также зазором между их боковой поверхностью и внутренней цилиндрической поверхностью дистанционной трубки. Указанный объем частично имеет место при реализации и других точек информации, кроме $i = 1$.

На следующем этапе вычисляют среднее значение компрессии (по результатам измерений компрессометром КИ-28125) в каждой i -той точке информации $\bar{P}_{ki (КИ)}$ по формуле

$$\bar{P}_{ki (КИ)} = \sum P_{ki (КИ)} / n_{oi (КИ)}, \quad (18)$$

где $\sum P_{ki (КИ)}$ – сумма значений компрессии, измеренной компрессометром КИ-28125 в каждой i -той точке информации; $n_{oi (КИ)}$ – число опытов или повторность испытаний указанного компрессометра ($n_{oi (КИ)} = 5$).

Аналогичным образом определяют среднее значение компрессии, полученное при измерении компрессометром BEST-02DU как с адаптером типа «КамАЗ», так и при использовании фальшь-форсунки с адаптером типа «Ф-форс» - соответственно по формулам:

$$\bar{P}_{к (BEST-A)} = \sum P_{к (BEST-A)} / n_{o (BEST-A)}, \quad (19)$$

$$\bar{P}_{к (BEST-Ф)} = \sum P_{к (BEST-Ф)} / n_{o (BEST-Ф)}, \quad (20)$$

где $\sum P_{к (BEST-A)}$, $\sum P_{к (BEST-Ф)}$ - сумма значений компрессии по результатам ее замеров компрессометром BEST-02DU с адаптером типа «КамАЗ» и с фальшь-форсункой; $n_{o (BEST-A)}$, $n_{o (BEST-Ф)}$ - число опытов, выполненных этим же компрессометром с указанными адаптерами.

При этом $n_{o (BEST-A)} = n_{o (BEST-Ф)} = n_{oi (КИ)} = 5$.

Затем находят погрешность измерений. В общем виде она описывается известными из теории ошибок и измерений выражениями

$$\Delta = /X_D - X_{И} /, \quad (21)$$

$$\delta = 100 \Delta / X_D, \quad (22)$$

где Δ , δ - абсолютная и относительная погрешность измерений; X_D , $X_{И}$, – действительное и измеренное значение контролируемого параметра.

Примем, что действительное значение X_D компрессии равно ее максимальной величине, полученной путем измерения тем же компрессометром, но при этом в полость дистанционной трубки помещено наибольшее число втулок-компенсаторов, равное пяти. Следует полагать, что такой компрессометр в этом случае даст максимальный результат, значение которого наиболее близко к действительному.

Тогда, в соответствии с уравнениями (21) и (22) среднюю абсолютную $\bar{\Delta}_{ki (КИ)}$ (в МПа или кгс/см²) и среднюю относительную $\bar{\delta}_{ki (КИ)}$ (в %) аппаратную погрешность компрессометра КИ-28125 в каждой i -той точке информации представляется возможным вычислить по формулам:

$$\bar{\Delta}_{ki (КИ)} = / \bar{P}_{к max (КИ)} - \bar{P}_{ki (КИ)} /, \quad (23)$$

$$\bar{\delta}_{ki(KИ)} = 100 \bar{\Delta}_{ki(KИ)} / \bar{P}_{k \max(KИ)}, \quad (24)$$

где $\bar{P}_{ki(KИ)}$ - среднее значение компрессии, измеренное компрессометром КИ-28125 при $i = 1$; $\bar{P}_{k \max(KИ)} = \bar{P}_{ki(KИ)}$ при $i = 6$.

Аналогичные показатели погрешности компрессометра КИ-28125 определяют при сравнении с данными, полученными по результатам замеров компрессометром BEST-02DU с адаптером типа «КамАЗ», - по формулам:

$$\bar{\Delta}_{k(KИ-BEST-A)} = / \bar{P}_{k \max(KИ)} - \bar{P}_{k(BEST-A)} / , \quad (25)$$

$$\bar{\delta}_{k(KИ-BEST-A)} = 100 \bar{\Delta}_{ki(KИ)} / \bar{P}_{k(BEST-A)}, \quad (26)$$

Такие же показатели и таким же образом вычисляют при определении погрешности компрессометра BEST-02DU в случае применения фальшь-форсунки с адаптером типа «Ф-форс» - по формулам:

$$\bar{\Delta}_{k(BEST-A-Ф)} = / \bar{P}_{k(BEST-A)} - \bar{P}_{k(BEST-Ф)} / , \quad (27)$$

$$\bar{\delta}_{k(BEST-A-Ф)} = 100 \bar{\Delta}_{k(BEST-A-Ф)} / \bar{P}_{k(BEST-A)}, \quad (28)$$

По полученным данным $\bar{P}_{ki(KИ)}$, $\bar{\delta}_{ki(KИ)}$ и V_{Pi} находят экспериментальные зависимости (математическое описание) от объема предклапанной полости V_{Pi} (V_{Pi} соответствует V_{Pi}):

- компрессии P_k (при P_k , соответствующем $\bar{P}_{ki(KИ)}$), то есть $P_k = f(V_{Pi})$;
- относительной δ_k (при δ_k , соответствующем $\bar{\delta}_{ki(KИ)}$) аппаратной погрешности компрессометра, то есть $\delta_k = f(V_{Pi})$.

На заключительном этапе оценивают и делают выводы по найденным показателям погрешности:

$\bar{\Delta}_{ki(KИ)}$, $\bar{\delta}_{ki(KИ)}$ - о компрессометре КИ-28125 – при сопоставлении результатов измерений, полученных при использовании штатной дистанционной трубки и этой же трубки, но заполненной втулками-компенсаторами;

$\bar{\Delta}_{k(KИ-BEST-A)}$, $\bar{\delta}_{k(KИ-BEST-A)}$ - о компрессометре КИ-28125 в сравнении с компрессометром BEST-02DU, снабженным адаптером;

$\bar{\Delta}_{k(BEST-A-Ф)}$, $\bar{\delta}_{k(BEST-A-Ф)}$ - о влиянии фальшь-форсунки, используемой в качестве адаптера, на аппаратную погрешность компрессометра BEST-02DU.

4 Методика экспериментального исследования влияния теплового режима двигателя на величину компрессии

Измерение компрессии рекомендуется производить на прогретом до номинального теплового режима двигателе. При этом температура охлаждающей жидкости должна быть в диапазоне от 85 до 95 °С.

Однако практически это требование по различным причинам не всегда удается выдержать. Одна из главных причин – невозможность прогрева двигателя без догрузки, без дополнительных технических средств. Обычно компрессию проверяют сразу после остановки двигателя – при той температуре охлаждающей жидкости, которая имеется на данный момент. Кроме того, при проверке компрессии даже в указанном диапазоне температур охлаждающей жидкости полученный результат может варьировать. В связи с этим, при измерении компрессии следует учитывать температурный режим двигателя, например, путем соответствующей температурной поправки.

Задачи экспериментального исследования: определить влияние теплового режима двигателя на результат измерений компрессии и получить математическую модель, обеспечивающую возможность учета температуры в виде поправки.

Оборудование и приборы: двигатель КамАЗ-740, установленный на обкаточно-тормозной стенд; компрессометр BEST-02DU; термометр; набор гаечных ключей. Работу проводят в закрытом помещении (лаборатории, гараже, боксе), температура окружающего воздуха в котором не более 20 °С.

Порядок выполнения экспериментов следующий.

Подготавливают к работе компрессометр и двигатель к измерению компрессии в порядке, изложенном в руководстве по эксплуатации. При этом дизель прогревают только до температуры охлаждающей жидкости, соответствующей первому порядковому номеру точек информации ($i = 1$), указанному в таблице 16. Далее действуют в соответствии со схемой, представленной на рис. 16. Так, согласно таблицы 16 и рис. 16 при $i = 1$ прогрев двигателя производят до $T_{\text{Н}i} = 25$ °С. При достижении указанной температуры охлаждающей жидкости двигатель останавливают и приступают к снятию форсунки с того цилиндра, на котором запланировано испытание. Вместо снятой форсунки устанавливают адаптер, к которому затем присоединяют компрессометр. В течение этого времени двигатель остывает. Если двигатель еще не остыл, то его охлаждают (выжидают время). При температуре охлаждающей жидкости $T_{\text{Н}i} = 21$ °С (при $i = 1$) приступают к проверке компрессии и при этом выполняют подряд заданное число измерений. Продолжительность выполнения данной операции не должна превышать такое время, в течение которого дизель остыл бы до температуры охлаждающей жидкости, значение которой ниже $T_{\text{О}i}$ – ниже 19 °С (при $i = 1$). Если это условие не выдержано, то полученные результаты не принимают во внимание, а эксперимент повторяют сначала. Если измерения компрессии завершены раньше (до достижения указанного температурного предела), то

эксперимент считается удавшимся. После чего демонтируют компрессометр и вновь устанавливают форсунку. Затем пускают и прогревают дизель до температуры T_{Pi} , соответствующей при $i = 2$. Таким образом, цикл эксперимента повторяется. При этом принимают во внимание условия, относящиеся к следующей i -той точке информации. Испытания завершают при $i = 8$. Полученные данные заносят в протокол испытаний (форма 4).

Таблица 16 – Точки информации и их характеристики при исследовании влияния теплового режима двигателя на величину компрессии

Обозначение и порядковый номер точек информации	Прогрев двигателя до температуры T_{Pi} °С, не ниже	Температура °С, при которой производится измерение компрессии:	
		интервал (от T_{Hi} и до T_{Oi})	среднее значение \bar{T}_i
$i = 1$	25	21...19	20
$i = 2$	35	31...29	30
$i = 3$	45	41...39	40
$i = 4$	55	51...49	50
$i = 5$	65	61...59	60
$i = 6$	75	71...69	70
$i = 7$	85	81...79	80
$i = 8$	95	91...89	90

Примечание – Символами обозначены: T_{Hi} и T_{Oi} – температура охлаждающей жидкости двигателя, при которой соответственно начинают и заканчивают измерение компрессии.

При реализации каждой i -той точки информации (таблица 16) производят измерение компрессии в одном и том же цилиндре двигателя и в идентичных условиях: по одной и той же методике, в одном и том же режиме работы обкаточно-тормозного стенда – при обеспечении частоты вращения коленчатого вала двигателя – 150 об/мин; в одном и том же интервале температур охлаждающей жидкости; при отсутствии утечек в уплотнении компрессометра и в его соединениях.

Повторность испытаний одна и та же и равна 5, что достаточно для обеспечения надежности опытов в пределах 0,9.

Число точек информации в соответствии с таблицей 16 равно 8, что так же достаточно для получения экспериментальной зависимости в приемлемом для практики интервале температур охлаждающей жидкости: от 20 до 90 °С.

На следующем этапе вычисляют среднее значение компрессии в каждой i -той точке информации \bar{P}_{ki} по формуле

$$\bar{P}_{ki} = \sum P_{ki} / n_{oi}, \quad (29)$$

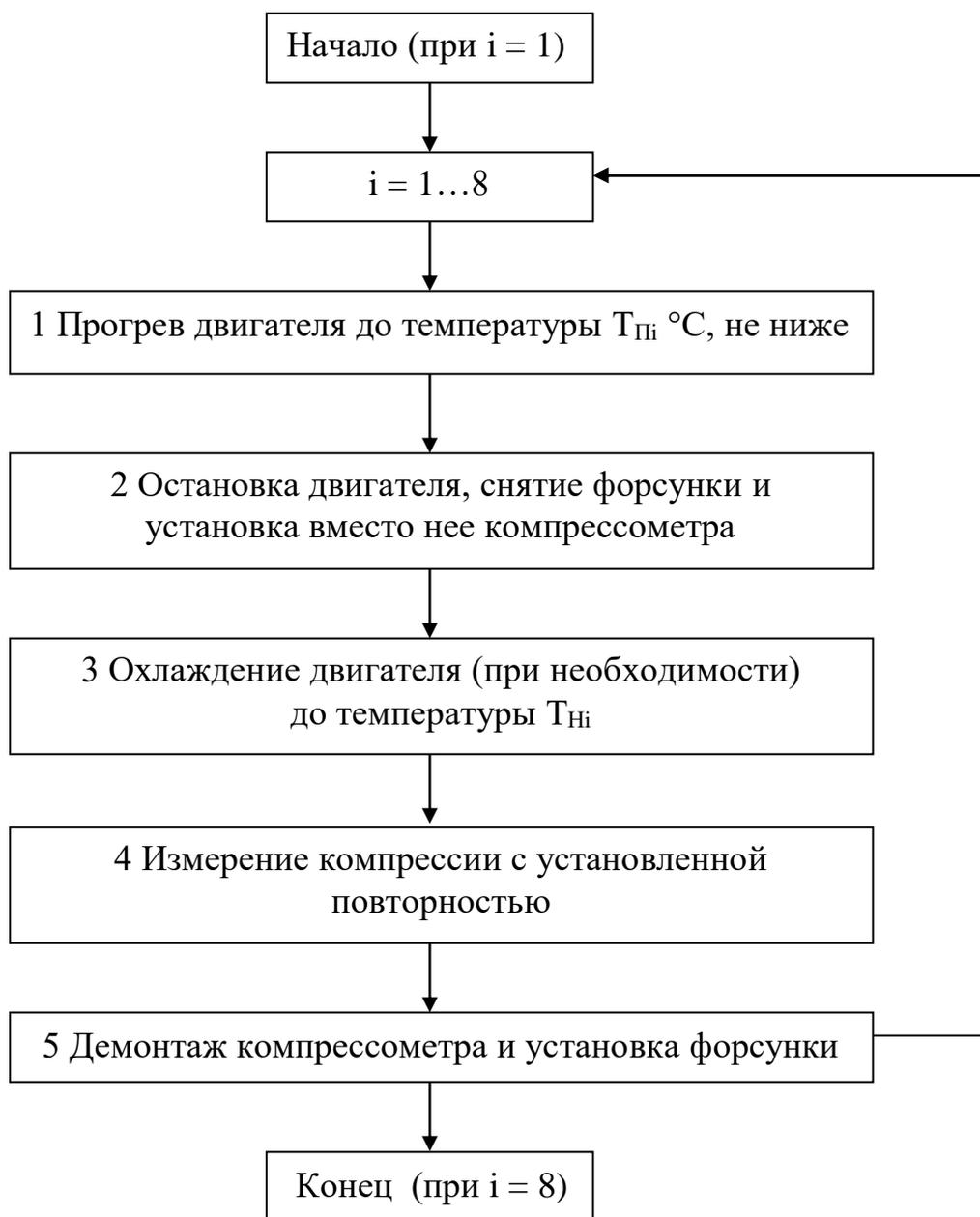


Рисунок 16 – Логическая схема испытаний при определении влияния теплового режима двигателя на величину компрессии (обозначения в тексте)

где $\sum P_{ki}$ – сумма значений компрессии, полученной в каждой i -той точке информации; n_{oi} – число опытов или повторность испытаний ($n_{oi} = 5$).

По полученным данным находят экспериментальную зависимость (математическое описание) компрессии P_k (при P_k , соответствующем \bar{P}_{ki}) от температуры охлаждающей жидкости $T_{ож}$ (при $T_{ож}$, также соответствующей \bar{T}_i) в °C (от теплового режима двигателя), то есть $P_k = f(T_{ож})$.

На заключительном этапе по найденной функции $P_k = f(T_{ож})$ определяют температурную поправку – коэффициент K_t , учитывающий влияние температуры охлаждающей жидкости на результат измерений компрессии в цилиндрах двигателя.

Форма 3 - Экспериментальные исследования аппаратной погрешности компрессометров

Точки информации (по таблице 12)	Число установленных втулок-компенсаторов n_{Vi} ,	Компрессия при реализации измерений по порядку, кгс/см ² :					Среднее значение компрессии \bar{P}_{ki} , кгс/см ²	Средняя абсолютная $\bar{\Delta}_{ki}$ (в кгс/см ²) и относительная $\bar{\delta}_{ki}$ (в %) погрешность		Объем предклапанной полости V_{Pi} , мм ³
		1	2	3	4	5		$\bar{\Delta}_{ki}$	$\bar{\delta}_{ki}$	
$i = 1$	0									15001
$i = 2$	1									12552
$i = 3$	2									10103
$i = 4$	3									7654
$i = 5$	4									5205
$i = 6$	5									2756

Примечание – Порядок вычислений: \bar{P}_{ki} - по формуле (18); затем $\bar{\Delta}_{ki}$ и $\bar{\delta}_{ki}$ соответственно - по уравнениям (21) и (22); в завершение – аппроксимируют и строят зависимости $P_k = f(V_{Pi})$ при P_k , соответствующем \bar{P}_{ki} , а также $\delta_k = f(V_{Pi})$ при δ_{ki} , соответствующем $\bar{\delta}_{ki}$.

Дополнительные экспериментальные данные для определения погрешности компрессометра КИ-28125 в сравнении с BEST-02DU, снабженным адаптером

Порядковый номер и результаты измерений компрессометром BEST-02DU					Среднее значение компрессии \bar{P}_{ki} , кгс/см ²
1	2	3	4	5	

Дополнительные экспериментальные данные для определения влияния фальшь-форсунки на аппаратную погрешность компрессометра BEST-02DU

Порядковый номер и результаты измерений компрессометром BEST-02DU					Среднее значение компрессии \bar{P}_{ki} , кгс/см ²
1	2	3	4	5	

Результаты оценки показателей погрешности компрессометров

Компрессометр (тип) и вариант его испытаний	Погрешность: абсолютная (п. 1) и относительная (п. 2)	Формулы для вычисления
КИ-28125 – при сопоставлении результатов измерений, полученных при использовании штатной дистанционной трубки и этой же трубки, но заполненной втулками-компенсаторами	1. $\bar{\Delta}_{ки(КИ)} = \underline{\hspace{2cm}}$	(23)
	2. $\bar{\delta}_{ки(КИ)} = \underline{\hspace{2cm}}$	(24)
КИ-28125 - в сравнении с компрессометром BEST-02DU, снабженным форсуночным адаптером «КамАЗ»	1. $\bar{\Delta}_{к(КИ - BEST-A)} = \underline{\hspace{2cm}}$	(25)
	2. $\bar{\delta}_{к(КИ - BEST-A)} = \underline{\hspace{2cm}}$	(26)
BEST-02DU - влияние фальшьфорсунки, используемой в качестве адаптера, на аппаратную погрешность компрессометра, оснащенного адаптером «КамАЗ»	1. $\bar{\Delta}_{к(BEST-A-\Phi)} = \underline{\hspace{2cm}}$	(27)
	2. $\bar{\delta}_{к(BEST-A-\Phi)} = \underline{\hspace{2cm}}$	(28)
Выводы	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

Примечание – Все полученные результаты должны быть подтверждены соответствующими расчетами, выводы – обоснованы.

Форма 4 - Экспериментальные исследования влияния теплового режима двигателя на величину компрессии

Точки информации (по таблице 13)	Компрессия при реализации измерений по порядку, кгс/см ² :					Среднее значение компрессии \bar{P}_{ki} , кгс/см ²	Среднее значение температуры \bar{T}_i охлаждающей жидкости, при которой произведено измерение компрессии
	1	2	3	4	5		
$i = 1$							20
$i = 2$							30
$i = 3$							40
$i = 4$							50
$i = 5$							60
$i = 6$							70
$i = 7$							80
$i = 8$							90

Примечание – Порядок вычислений: \bar{P}_{ki} - по формуле (18); затем аппроксимируют и строят зависимость компрессии P_k (при P_k , соответствующем \bar{P}_{ki}) от температуры охлаждающей жидкости $T_{ож}$ (при $T_{ож}$, также соответствующей \bar{T}_i) в °С (от теплового режима двигателя), то есть $P_k = f(T_{ож})$; в завершение - определяют температурную поправку – коэффициент K_t .

Работа № 5

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПЛИВОПОДАЧИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬТЕСТЕРОМ ТАД-01НД

Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности

Цель работы: изучить особенности конструкции дизельтестера ТАД-01НД; получить практические навыки по проверке работоспособности системы топливоподачи низкого давления автотракторных дизельных двигателей, а также по диагностированию ее элементов (фильтра тонкой очистки, перепускного клапана и подкачивающего насоса); научиться делать заключение о техническом состоянии подкачивающего насоса, фильтроэлементов и перепускного клапана по результатам диагностирования.

Содержание задания и порядок его выполнения:

- изучить назначение, технические характеристики, устройство и принцип действия прибора ТАД-01НД, а также технологии проверки работоспособности системы топливоподачи низкого давления автотракторных дизельных двигателей и диагностирования ее элементов;

- проверить работоспособность системы топливоподачи низкого давления при реализации следующих режимов испытаний:

- а) при номинальной частоте вращения коленчатого вала – при холостой работе;

- б) при прокрутке коленчатого вала двигателя пусковым устройством при выключенной подаче топлива;

- в) при нагнетании топлива насосом ручной подкачки;

- определить техническое состояние фильтра тонкой очистки, перепускного клапана и подкачивающего насоса по результатам указанных режимов испытаний.

Оборудование рабочего места:

- автомобиль или трактор с дизельным двигателем, либо дизель, установленный на обкаточно-тормозном стенде;

- комплекты приборов К.ТАД-02А или К.ТАД-03А, либо дизельтестер ТАД-01НД;

- прибор ИМД-ЦМ или тахометр для измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя;

- необходимый инструмент, обтирочная ветошь.

План отчета (форма отчетности):

1 Заполнить протокол по форме 5.

2 Составить и обосновать алгоритм поиска неисправностей системы топливоподачи низкого давления, если:

- а) давление топлива до фильтра ниже предельного значения;

- б) давление топлива после фильтра ниже предельного значения.

Контрольные вопросы:

1 Перечислите основные элементы системы топливоподачи низкого давления. Каково их назначение и особенности функционирования?

2 Назовите основные неисправности системы топливоподачи низкого давления.

3 Какие причины попадания воздуха в систему топливоподачи?

4 Как изменится работоспособность системы топливоподачи, если в нее попал воздух? Какие меры при этом следует предпринять?

5 Как изменится работоспособность нагнетательного клапана в случае загрязнения (отказа) фильтров тонкой очистки топлива ?

6 Перечислите и охарактеризуйте причины затрудненного запуска и неустойчивой работы двигателя.

7 Назовите приборы для диагностирования элементов топливоподачи низкого давления, их недостатки и преимущества.

8 Чем обусловлена необходимость совершенствования существующих приборов для диагностирования элементов топливоподачи низкого давления?

9 Чем отличается прибор ТАД-01НД от своих аналогов?

10 Назовите параметры технического состояния подкачивающего насоса, перепускного клапана и фильтра тонкой очистки топлива.

11 Перечислите основные технологические операции при диагностировании элементов топливоподачи низкого давления?

12 Объясните причины расхождения результатов при реализации различных режимов испытаний.

12 Ваши предложения по совершенствованию методов и средств диагностирования элементов топливоподачи низкого давления?

Правила техники безопасности, необходимые для выполнения лабораторной работы:

- все монтажно-демонтажные работы следует выполнять только при неработающем двигателе и с использованием исправного инструмента;

- перед работой провести внешний осмотр тестера и его составных частей, убедиться в отсутствии повреждений и в его исправности;

- перед началом испытаний следует проверять надежность соединения прибора со штуцерами ТНВД и фильтра тонкой очистки топлива; негерметичность соединений (подтекание топлива) не допускается;

- сливной рукав должен быть герметично присоединен к трубке отвода топлива в бак или в насос;

- рычаг коробки передач (КП) должен быть в нейтральном положении, а машина заторможена стояночным тормозом;

- вращающиеся части тормозной установки должны быть ограждены;

- пускать и останавливать как пусковой двигатель или стартер, так и дизель должен лаборант по сигналу преподавателя с соблюдением необходимых мер предосторожности.

Материалы для изучения и порядок выполнения работы

1 Общие сведения о неисправностях элементов топливopодачи низкого давления и приборах для их поиска

Основными элементами системы топливopодачи низкого давления являются: топливopодачивающий насос, перепускной клапан (обычно размещен в головке топливного насоса высокого давления) и фильтр тонкой очистки топлива.

Подкачивающий насос нужен для нагнетания топлива под давлением не ниже $1,5 \text{ кгс/см}^2$ через фильтры к топливному насосу высокого давления и поддержания в его головке постоянного давления на всех режимах работы двигателя. Если указанное давление топлива снижается, то это приводит к неравномерной подаче его в отдельные цилиндры и снижению мощности двигателя.

Перепускной клапан поддерживает в каналах головки ТНВД избыточное давление, необходимое для равномерного заполнения надплунжерного пространства гильз топливом. По каналам головки непрерывно движется топливо. Оно препятствует скоплению воздуха в каналах, который нарушает нормальную работу топливного насоса высокого давления. В случае попадания воздуха в каналы его удаляют, отвернув пробку головки.

Фильтры-отстойники предварительно очищают топливо от более крупных примесей, фильтры тонкой очистки – от самых мельчайших. Это необходимо потому, что зазоры в прецизионных парах ТНВД и форсунок не превышают тысячных долей миллиметра. При хранении, транспортировании и заправке в дизельное топливо попадают механические примеси и вода, которые вызывают коррозию и интенсивное изнашивание рабочих поверхностей прецизионных деталей. При значительном загрязнении фильтрующих элементов уменьшается их пропускная способность, падает давление после фильтра тонкой очистки, что приводит к снижению производительности насосных элементов; изменению момента продолжительности и давления впрыска топлива в цилиндры двигателя; снижению качества распыливания топлива; ухудшению процесса смесеобразования и сгорания топлива; снижению мощностных и экономичных показателей работы двигателя. Кроме того, от технического состояния фильтров в значительной степени зависит долговечность работы ТНВД и форсунок.

Следует иметь в виду, что загрязненность фильтров также влияет и на работу подкачивающего насоса. Если сопротивление фильтров увеличивается, то возрастает противодействие топлива в нагнетательной полости насоса. В результате этого пружина не может вернуть поршень в его прежнее положение - уменьшается рабочий ход поршня и производительность насоса. При значительном загрязнении фильтров поршень насоса (он перемещается в камеру нагнетания толкателем, а

возвращается пружиной) остается неподвижным. В этом случае нагнетание топлива прекращается. Для восстановления работоспособности насоса загрязненные фильтрующие элементы заменяют чистыми.

Попадание воздуха в систему топливоподачи возможно при нарушении герметичности соединений, что обнаруживается по подтеканию топлива. Воздух, находящийся в системе топливоподачи низкого давления, нарушает нормальное функционирование топливоподкачивающего насоса, который, в свою очередь, не обеспечивает нормальную работу топливной аппаратуры высокого давления и, следовательно, дизеля.

Таким образом, причинами затрудненного запуска и неустойчивой работы двигателя могут быть:

- наличие воздуха в системе топливоподачи;
- снижение или полное отсутствие подачи топлива подкачивающим насосом;
- разрегулирование или полная потеря работоспособности перепускного клапана;
- засоренность фильтра тонкой очистки топлива.

Все признаки нарушения рабочего процесса двигателя (трудный пуск, перебои в работе, дымление, понижение мощности и экономичности) могут быть следствием неисправностей топливной аппаратуры, нормальная работа которой зависит как от ее технического состояния, так и от исправности элементов топливоподачи низкого давления.

Для определения технического состояния элементов топливоподачи низкого давления созданы специальные приборы. Как правило, они состоят из одного или двух рукавов для подсоединения прибора к системе топливоподачи, трехходового крана, корпуса с манометром и вентилем (болтом) для спуска воздуха.

Известно простое устройство КИ-13943 (рис. 17), которое состоит из удлиненного полого болта 2 для присоединения прибора к элементам топливоподачи, соединительного рукава 3 и манометра 4. Его недостатки следующие. Отсутствует устройство для удаления воздуха, что усложняет процесс диагностирования и повышает погрешность измерений. При измерении давления стрелка манометра колеблется с высокой частотой и в широком диапазоне, а это не позволяет точно зафиксировать измеряемую величину. Практически этот прибор не пригоден для использования. Кроме того, в процессе диагностирования требуется перестановка прибора, вследствие чего увеличивается трудоемкость выполнения работ.

Существуют более совершенные аналогичные приборы, например КИ-4801 и КИ-28140 (рис. 18), которые дополнительно снабжены трехходовым краном 3, вентилем для спуска воздуха 6 и имеют два соединительных рукава 4 с наконечниками 5.

Их преимущества. Позволяют снять диагностические параметры до и после фильтра тонкой очистки топлива без дополнительной перестановки прибора – путем переключения трехходового крана. Это обеспечивает возможность проведения испытаний в идентичных условиях (при одной и той

же частоте вращения коленчатого вала двигателя), что уменьшает погрешность измерений. При этом сокращается трудоемкость диагностирования. Вентиль для удаления воздуха из системы питания также способствует получению более точного результата диагностирования.

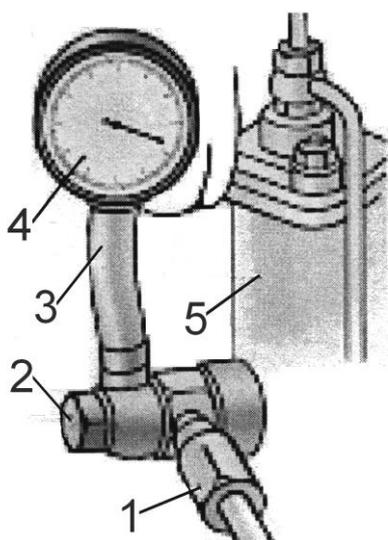


Рисунок 17 – Устройство КИ-13943: 1- топливопровод; 2 - болт; 3 - рукав; 4 - манометр; 5 - фильтр тонкой очистки.

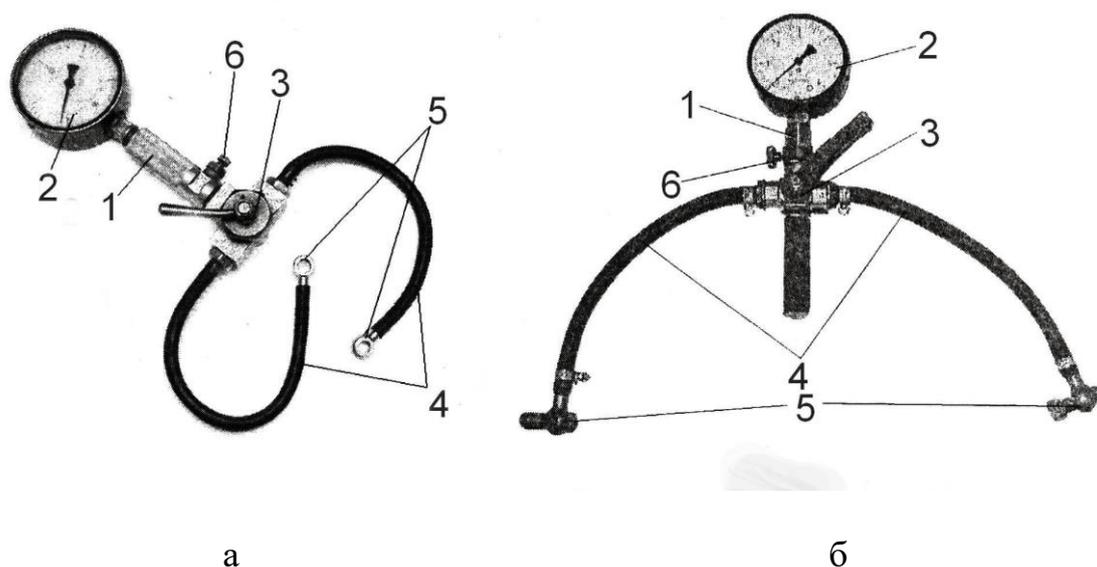


Рисунок 18 – Приборы КИ-4801 (а) и КИ-28140 (б): 1- корпус; 2 - манометр; 3 - трехходовой кран; 4 - рукава; 5 - наконечники; 6 – вентиль

Недостатки: сложность конструкции, а также высокая погрешность показаний из-за колебаний стрелки манометра. При использовании вентиля слив топлива осуществляется в атмосферу, что ухудшает условия труда оператора. Указанные недостатки учтены при создании нового прибора для диагностирования элементов топливоподдачи низкого давления.

2 Назначение и технические характеристики дизельтестера ТАД-01НД

Дизельтестер топливной аппаратуры дизеля ТАД-01НД (далее – тестер, показан на рис. 19) относится к семейству приборов типа «ТАД» и предназначен для диагностирования элементов топливopодачи низкого давления (подкачивающего насоса, перепускного клапана и фильтра тонкой очистки топлива) дизельных двигателей автомобилей и тракторов всех моделей отечественного и иностранного производства, а также других аналогичных машин с указанными двигателями.



Рисунок 19 – Дизельтестер ТАД-01НД (общий вид)

Тестер может использоваться в виде отдельного средства измерений, в диагностических комплектах и со стендами для испытания топливной аппаратуры, а также в составе диагностических средств для ремонта, технического обслуживания, контроля и осмотра машин.

Технические характеристики

1 Тип – «ТАД-01НД» – манометрический, универсальный, переносной с беспружинным нагнетательным клапаном, с упруго-эластичным рукавом высокого давления, винтовым вентилем с ниппелем и сливным рукавом, со сменными присоединительными элементами в виде полых болтов и с контрольным перепускным клапаном.

2 Параметры, измеряемые тестером:

а) давление перед фильтром и после фильтра тонкой очистки топлива,

МПа (кгс/см²);

б) давление открытия перепускного клапана, МПа (кгс/см²);

в) герметичность перепускного клапана, с.

3 Манометр типа МПЗ-У с пределами измерений от 0 до 0,16 МПа (от 0 до 1,6 кгс/см²).

5 Размеры резьбы для подсоединения тестера при диагностировании двигателей:

● отечественного производстваМ 14 × 1,5;

● иностранного производстваМ 12 × 1,5

6 Давление рукава, МПа (кгс/см²):

● максимальное рабочее10 (100);

● разрывное20 (200)

7 Габаритные размеры (без рукавов) не более, мм240×100×50

8 Масса не более, кг1,0

3 Устройство и принцип работы дизельтестера ТАД-01НД

3.1 Устройство дизельтестера.

Тестер в соответствии с рисунком 20 состоит из топливоподводящего 2 и сливного 8 рукавов соответственно с наконечниками 1 и 9; корпуса 3 с нагнетательным клапаном (не показан), корпуса 4 с манометром 5, вентиля 6 с винтом 7. Корпус 4 манометра 5 выполнен в виде гайки и с образованием резьбы с одной стороны для установки манометра 5, а с другой – для соединения корпуса 3 клапана. К одной из граней корпуса 3 посредством резьбы присоединен вентиль 6. В корпусе вентиля 6, перпендикулярно его оси, выполнено отверстие, в которое запрессован ниппель. Сливной рукав 8 герметично присоединен к указанному ниппелю. Корпус 3 клапана выполнен в виде гайки и с образованием резьбы для присоединения топливоподводящего рукава 2. В состав тестера также входят сменные соединительные элементы в виде штуцеров (полых болтов) и контрольный перепускной клапан (на рис. 20 не показаны).

3.2 Принцип работы дизельтестера.

Присоединяют тестер посредством наконечника 1 со специальным штуцером к нагнетательной магистрали топливоподкачивающего насоса - перед фильтром или после фильтра тонкой очистки топлива. Наконечник 9 – к трубке отвода топлива в бак или в насос. Вывернув на несколько оборотов винт 7 вентиля 6, удаляют воздух из системы, прокачивая топливо насосом ручной подкачки. Прокачку проводят до тех пор, пока не будет наблюдаться истечение топлива без пузырьков через прозрачный сливной рукав 8. При этом топливо поступает в трубку отвода топлива и далее - в бак или в насос. После этого вентиль 6 закрывают, ввинчивая в его корпус винт 7. Затем обеспечивают заданный режим диагностирования. Топливо под давлением поступает в топливоподводящий рукав 2, проходит через нагнетательный клапан – в полость манометра 5. Вентиль 6 закрыт. После нескольких нагнетаний давление в полости манометра 5 стабилизируется нагнетательным

тательным клапаном – стрелка манометра 5 останавливается и фиксирует максимальное значение давления. Вновь открывают вентиль 6 – топливо через сливной рукав 8 стекает в трубку отвода топлива. После чего вентиль 6 закрывают винтом 7. При необходимости повторяют испытание или присоединяют тестер к другой контрольной точке.

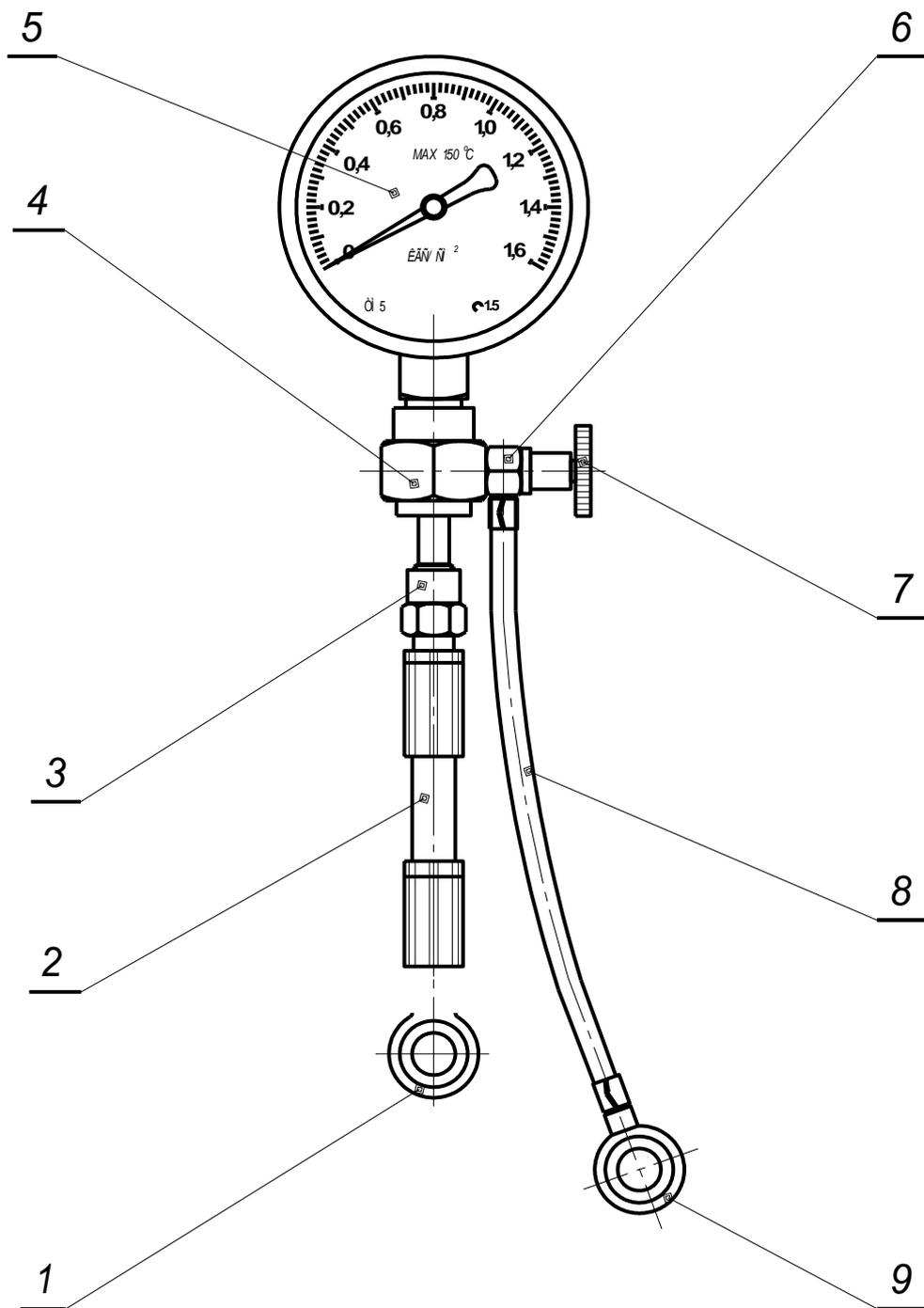


Рисунок 20 – Дизельтестер ТАД-01НД: 1, 9 – наконечники рукавов; 2 - топливоподводящий рукав; 3 - корпус клапана; 4 - корпус манометра; 5 – манометр; 6 - корпус вентиля; 7 - винт вентиля; 8 - сливной рукав

4 Порядок диагностирования элементов топливopодачи низкого давления на двигателе при номинальной частоте вращения коленчатого вала

4.1 Очистить от загрязнений обтирочной ветошью топливopодачивающий насос, корпус фильтров тонкой очистки (ФТО) и топливopроводы низкого давления.

4.2 Подключить прибор ТАД-01НД к системе топливopодачи низкого давления. Для этого топливopодводящий рукав 2 (рис. 20) присоединить с помощью штуцера к нагнетательной магистрали подкачивающего насоса – перед фильтром тонкой очистки, а сливной рукав 8 – к трубке отвода топлива в бак или в насос.

4.3 Прокачать систему топливopодачи, удалив из нее воздух винтом 7 вентиля 6.

4.4 Пустить дизель, проверить и при необходимости отрегулировать час-тоту вращения коленчатого вала.

4.5 Установить номинальную частоту вращения коленчатого вала дизеля при холостой работе и измерить давление до фильтра тонкой очистки топлива. Затем, заглушив двигатель, присоединить топливopодводящий рукав 2 с помощью того же штуцера после фильтра тонкой очистки. Вновь пустить дизель, установить номинальную частоту вращения коленчатого вала при холостой работе и измерить давление после фильтра тонкой очистки топлива. По полученным данным оценить состояние фильтрующих элементов тонкой очистки топлива и подкачивающего насоса (табл. 17).

Если давление топлива до фильтра имеет предельное значение, то:

- неисправен подкачивающий насос – завис или засорился перепускной или нагнетательный клапан (разобрать и очистить их);
- деформировалась пружина поршня (заменить пружину);
- износилось сопряжение «поршень-цилиндр» (заменить подкачивающий насос).

Если давление топлива после фильтра имеет предельное значение, то засорился фильтр или неисправен перепускной клапан ТНВД (необходимо проверить перепускной клапан).

4.6 Проверить перепускной клапан. Для этого установить в ТНВД контрольный клапан вместо штатного и вновь измерить давление топлива после фильтра.

Если результат измерения тот же, то загрязнен фильтр.

Если результат измерения изменился, то неисправный клапан (засорен, деформировалась пружина, износилось седло клапана).

Давление открытия перепускного клапана должно быть не менее 0,08 - 0,09 МПа (0,8 - 0,9 кгс/см²). На двигателях тракторов К-700А и его модификаций перепускной клапан регулируется.

Таблица 17 – Давление топлива до и после ФТО топливной системы дизелей тракторов

Трактор и его модификации	Марка дизеля и его модификации	Давление, МПа					
		перед фильтром:			после фильтра:		
		номинальное	допускаемое	предельное	номинальное	допускаемое	предельное
К-701 К-700А	ЯМЗ-240 ЯМЗ-238	0,13- 0,23	0,08- 0,18	0,07	-	0,07- 0,13	0,04
Т-150К	СМД-62	0,25- 0,30	0,20- 0,25	0,08	0,20- 0,25	0,15- 0,18	0,08
МТЗ-80/82	Д-240	0,12	0,10	0,07	0,10	0,07	0,04
ЮМЗ-6	Д-65Н	0,12	0,09	0,07	-	0,07	0,04
Т-40М	Д-130 Д-120	0,12	0,10	0,07	-	0,07	0,04
Т-4А	А-01 А-461	0,12	0,10	0,05	-	0,10	0,04
ДТ-75М	А-41 Д-422	0,12- 0,15	0,12	0,07	-	0,07	0,07
ДТ-75	СМД-18Н	0,12- 0,15	0,08	0,07	-	0,07	0,04
ВТ-100	Д-422	0,12	0,09	0,07	-	0,07	0,04
ЛТЗ-60	Д-248	0,12	0,10	0,07	-	0,07	0,04
ЛТЗ-155	Д-260.1 Д-262.2	0,25- 0,30	0,20- 0,25	0,08	0,20- 0,25	0,15- 0,18	0,08
ЛТЗ-55 ЛТЗ-55А ЛТЗ-55АН	Д-144	0,12	0,10	0,08	0,11	0,07	0,04

Если давление топлива до и после фильтров тонкой очистки топлива не изменяется или имеет малый перепад (причина – разгерметизация уплотнений фильтрующих элементов или их разрушение с образованием сквозных трещин и прорывов), то фильтр разобрать и проверить состояние уплотнений фильтрующих элементов. Устранить обнаруженные дефекты или заменить неисправные элементы.

5 Особенности диагностирования элементов топливopодачи низкого давления при прокрутке коленчатого вала двигателя пусковым устройством и при нагнетании топлива насосом ручной подкачки

5.1 Диагностирование элементов топливopодачи низкого давления при прокрутке коленчатого вала двигателя пусковым устройством выполняют при выключенной подаче топлива.

5.2 Процесс диагностирования при нагнетании топлива насосом ручной подкачки обеспечивают путем многократного плавного перемещения рукоятки указанного насоса «вперед-назад».

Форма 5 - Результаты испытаний системы топливopодачи низкого давления двигателя на различных режимах (протокол испытаний)

Режимы испытаний	Параметры:		
	давление топлива до ФТО	давление топлива после ФТО	давление открытия перепускного клапана
1 При номинальной частоте вращения коленчатого вала – при холостой работе			
2 При прокрутке коленчатого вала двигателя пусковым устройством при выключенной подаче топлива			
3 При нагнетании топлива насосом ручной подкачки			

Работа № 6

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬТЕСТЕРОМ ТАД-01А

Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности

Цель работы: изучить особенности конструкции прибора ТАД-01А; научиться диагностировать топливный насос высокого давления (ТНВД) указанным прибором и делать заключение о его техническом состоянии.

Содержание задания и порядок его выполнения:

- изучить назначение, технические характеристики, устройство и принцип действия прибора ТАД-01А, а также технологии проверки состояния плунжерных пар и нагнетательных клапанов;
- определить давление, создаваемое плунжерными парами ТНВД, и герметичность нагнетательных клапанов при реализации следующих режимов испытаний:
 - б) при прокрутке коленчатого вала двигателя пусковым устройством;
 - а) при номинальной частоте вращения коленчатого вала – при холостой работе;
- определить техническое состояние ТНВД по результатам указанных режимов испытаний;
- получить необходимые экспериментальные данные и определить зависимость давления плунжерной пары от частоты вращения коленчатого вала дизеля.

Примечание – Для получения сопоставимых результатов, сокращения времени и экономии ресурса пусковых устройств измерение параметров в учебных целях рекомендуется выполнять на одной секции одного и того же ТНВД.

Оборудование рабочего места:

- автомобиль или трактор с дизельным двигателем, либо дизель, установленный на обкаточно-тормозном стенде;
- комплекты приборов К.ТАД-02А или К.ТАД-03А, либо дизельтестер ТАД-01А;
- прибор ИМД-ЦМ или тахометр для измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- необходимый инструмент, обтирочная ветошь.

План отчета (форма отчетности):

- 1 Заполнить протоколы по формам 6 и 7.
- 2 Выполнить математическую обработку экспериментальных данных, указанных в форме 7.

3 Полученные результаты представить графически и проанализировать с изложением соответствующих выводов.

Контрольные вопросы:

1 Как изменяется техническое состояние ТНВД в процессе эксплуатации?

2 По каким параметрам оценивают состояние ТНВД?

3 Какие приборы для диагностирования ТНВД Вы знаете? Каковы их недостатки?

4 Что представляет собой дизельтестер ТАД-01А?»?

5 Каков принцип работы тестера ТАД-01А и каковы его конструктивные особенности?

6 Как подготовить тестер к работе?

7 В каком порядке может быть присоединен тестер к ТНВД?

8 Назовите режимы испытания ТНВД на дизеле и на стенде.

9 Можно ли испытывать ТНВД на работающем двигателе и что при этом следует учитывать?

10 Какова зависимость давления плунжерных пар от частоты вращения коленчатого вала дизеля?

11 Почему давление плунжерных пар при испытании ТНВД в режиме пуска больше, чем при его проверке в рабочем режиме двигателя на минимальных оборотах?

12 Какова допускаемая неравномерность плунжерных пар по секциям ТНВД и как ее вычислить?

13 Как определяется износ нагнетательных клапанов?

14 Что нужно сделать, если нагнетательный клапан негерметичный?

15 По каким критериям определяют необходимость отправки ТНВД в ремонт?

16 Какие параметры ТНВД следует измерить, чтобы найти его остаточный ресурс?

17 Как вычислить остаточный ресурс и назначить время очередного контроля технического состояния ТНВД?

12 Ваши предложения по совершенствованию методов и средств диагностирования ТНВД?

Правила техники безопасности, необходимые для выполнения лабораторной работы:

- все монтажно-демонтажные работы следует выполнять только при неработающем двигателе и с использованием исправного инструмента;

- перед работой провести внешний осмотр тестера и его составных частей, убедиться в отсутствии повреждений и в его исправности;

- перед началом испытаний следует проверять надежность соединения прибора со штуцером ТНВД; негерметичность соединений (подтекание топлива) не допускается;

- сливной рукав должен быть герметично присоединен к трубке отвода топлива в бак или в насос;
- рычаг коробки передач (КП) должен быть в нейтральном положении, а машина заторможена стояночным тормозом;
- вращающиеся части тормозной установки должны быть ограждены;
- пускать и останавливать как пусковой двигатель или стартер, так и дизель должен лаборант по сигналу преподавателя с соблюдением необходимых мер предосторожности.

Материалы для изучения и порядок выполнения работы

1 Общие сведения о неисправностях ТНВД и приборах для их поиска

Топливный насос высокого давления (ТНВД) подает в точно определенные моменты в камеру сгорания каждого цилиндра через форсунки одинаковые порции топлива, соответствующие нагрузке двигателя. На тракторные двигатели ставят многоплунжерные топливные насосы, например, типа ТН и УТН и одноплунжерные распределительного типа НД.

Выходные параметры ТНВД определяются как его техническим состоянием, так и работоспособностью системы топливоподачи низкого давления. Далее параметры ТНВД напрямую влияют на работу форсунок, а они – на двигатель.

Большое число возможных нарушений нормального рабочего процесса двигателя связано с неисправностями топливной аппаратуры и ее регулировкой. Все признаки нарушения рабочего процесса двигателя (трудный пуск, перебои в работе, дымление, понижение мощности и экономичности) могут быть следствием неисправностей топливной аппаратуры.

Износ прецизионных пар ТНВД влияет на цикловую подачу топлива. В изношенной плунжерной паре во время нагнетания топлива часть его протекает через зазор между плунжером и гильзой, причем при меньшей частоте вращения коленчатого вала время нагнетания больше и, следовательно, в большей степени снижается цикловая подача, что ведет к трудному пуску дизеля. Так как даже одноименным деталям свойственна случайная различная скорость изнашивания, то с ростом наработки двигателя увеличивается неравномерность подачи топлива секциями насоса (увеличивается разность утечек топлива через зазоры в прецизионных парах). Неравномерность подачи топлива существенно влияет на долговечность деталей двигателя.

Износ нагнетательного клапана ТНВД проявляется снижением его герметичности, что нарушает работу форсунки. Это приводит к тому, что затягивается впрыскивание (вместо резкой отсечки) и топливо подтекает через распылитель форсунки. При этом топливо сгорает не полностью, двигатель дымит, экономичность его работы понижается, а распылители закок-

совываются и теряют работоспособность. В результате негерметичность нагнетательного клапана является не только причиной нарушения работоспособности исправной форсунки, но и ее интенсивного износа (закоксовывания).

В практике технической эксплуатации износ плунжерных пар ТНВД обычно определяют по величине давления, создаваемого указанными прецизионными парами, а износ нагнетательных клапанов – по их герметичности – по времени падения давления от 15 до 10 МПа (от 150 до 100 кгс/см²) или от 25 до 15 МПа (от 250 до 150 кгс/см²).

Проанализируем наиболее распространенные в настоящее время приборы для определения технического состояния ТНВД. Как правило, они состоят из топливопровода для подсоединения прибора к секции ТНВД, корпуса с манометром и с предохранительным клапаном.

Известен простой прибор КИ-4802 (рис. 21), который состоит из корпуса с манометром и предохранительным клапаном и топливопровода высокого давления с накидной гайкой для соединения с нагнетательным штуцером ТНВД. Его недостатки следующие. Отсутствует герметичность предохранительного клапана, что усложняет процесс диагностирования и повышает погрешность измерений. Верхний предел измерений ограничен до 40 МПа (400 кгс/см²). В процессе диагностирования в случае отказа предохранительного клапана манометр разрушается под воздействием высокого давления, которое может быть в два-три раза выше указанного предела измерений. При срабатывании клапана топливо сливается в атмосферу, что ухудшает условия труда оператора, а в полевых условиях – экологию. Кроме того, прибор КИ-4802 имеет большие габариты и массу, а также ограниченную универсальность. Испытание ТНВД проводят при прокручивании дизеля пусковым устройством.

Существуют более сложные аналогичные приборы, например КИ-16301А, КИ-9917 (не показаны) и механотестер КИ-5918 (рис. 22), которые дополнительно снабжены нагнетательным клапаном, вентилем для выпуска воздуха и рукояткой-гидробаком под дизельное топливо. Они позволяют диагностировать как ТНВД, так и форсунки. Недостатки: сложность конструкции, не обеспечена возможность измерения максимального давления ТНВД. При подготовке к работе требуется заправка прибора топливом. Рукоятка-гидробак усложняет процесс диагностирования: требуется время на заполнение ее полости перед проведением испытаний, а также на удаление оставшегося топлива после испытаний. При выпуске воздуха топливо также сливается в атмосферу, что ухудшает условия труда оператора, а в полевых условиях – экологию. Технология проверки плунжерных пар осложнена тем, что перед диагностированием из проверяемой секции ТНВД нужно сначала удалить пружину и запорный элемент нагнетательного клапана. Затем переместить, прокручивая коленчатый вал вручную, проверяемую плунжерную пару в положение, соответствующее «середине пути нагнетания топлива». Выдержать это требование достаточно точно практически невозможно. После этого нужно подсоединить тестер к

нагнетательному штуцеру топливного насоса и выполнить рукояткой тестера несколько плавных рабочих движений, обеспечив давление топлива в надплунжерном пространстве 250 кгс/см^2 . На завершающем этапе определяют по секундомеру время падения давления топлива в интервале от 200 до 150 кгс/см^2 . Для исправной плунжерной пары оно должно быть не менее 15 с. Кроме того, эти приборы снабжены ручным приводом. Их габариты и масса больше аналогичных приборов КИ-4802.



Рисунок 21 – Прибор КИ-4802



Рисунок 22 – Механотестер КИ-5918

В последнее время ГОСНИТИ предложен новый прибор КИ-28139 (рис. 23) для определения технического состояния плунжерных пар и нагнетательных клапанов ТНВД. Он отличается от прибора КИ-4802 тем, что на линии нагнетания топлива (в разрыве топливопровода высокого давления) установлен демпфер, а манометр имеет верхний предел измерений 60 МПа (600 кгс/см²). Кроме того, полость предохранительного клапана прибора сообщена со сливным рукавом. При диагностировании ТНВД типа НД дополнительно используют обратный клапан, который подсоединяют к топливопроводу высокого давления – в разъем между собственно прибором (корпусом с манометром и предохранительным клапаном) и демпфером. Испытания ТНВД проводят на работающем двигателе.

Недостатки данного прибора следующие. Он имеет еще большие габариты и массу, чем его аналог КИ-4802. Гидравлический демпфер усложняет процесс диагностирования: требуется время на заполнение его полости перед проведением испытаний и на ее опорожнение после испытаний. Удаление воздуха из полостей прибора и демпфера осуществляется при помощи штуцера в виде пробки, размещенной на корпусе демпфера. При этом вместе с воздухом удаляется в атмосферу и часть топлива, что также ухудшает условия труда оператора, а в полевых условиях – экологию.

На завершающем этапе систематизируем и проанализируем имеющуюся информацию о приборах для диагностирования ТНВД по принципу «от простого к сложному». Простейшим прибором, как известно, является эталонная форсунка; наиболее сложными – электронные и компьютерные комплексы и системы. Результаты ранжирования по указанному принципу и анализа конструкций приборов для диагностирования ТНВД представлены в таблице 18.

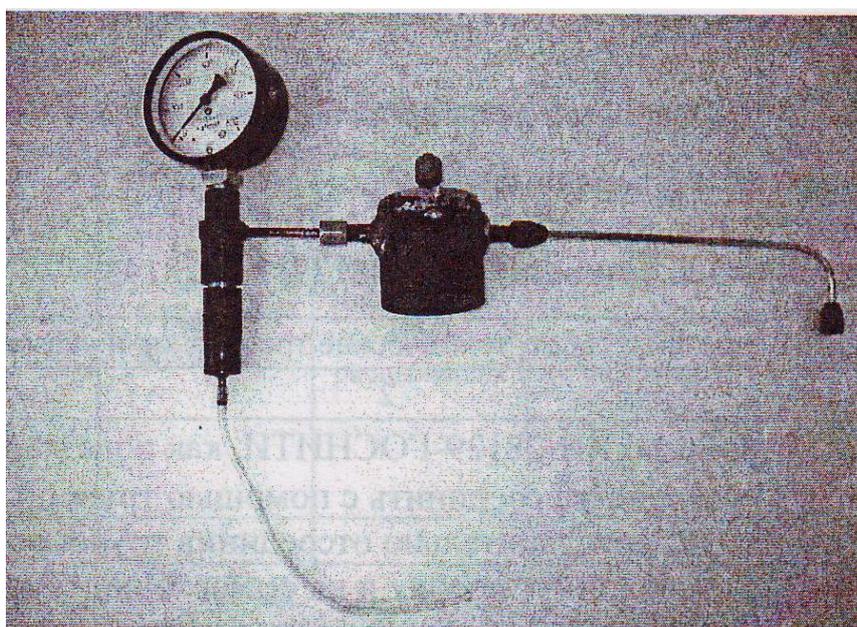


Рисунок 23 – Устройство КИ-28139

Таблица 18 – Результаты анализа конструкций приборов для диагностирования ТНВД

Наименование и марка прибора	Особенности и недостатки
Эталонная форсунка	<p>1 Отсутствует показывающий элемент (например, измерительная шкала или манометр).</p> <p>2 Требуется настройка форсунки на заданное давление и соответствующий прибор.</p> <p>3 Не обеспечена возможность измерения максимального давления ТНВД.</p> <p>4 Не представляется возможным определение герметичности нагнетательных клапанов насоса.</p> <p>5 Не отвечает требованиям охраны труда и экологии.</p>
Максиметр	<p>1 Не обеспечена возможность измерения максимального давления ТНВД.</p> <p>2 Не представляется возможным определение герметичности нагнетательных клапанов насоса.</p> <p>3 Отсутствует универсальность.</p> <p>4 Не отвечает требованиям охраны труда и экологии.</p>
Прибор КИ-4802	<p>1 Не обеспечена возможность измерения максимального давления ТНВД.</p> <p>2 Отсутствует универсальность.</p> <p>3 Не отвечает требованиям охраны труда и экологии.</p>
Приборы КИ-16301А, КИ-9917, механотестер КИ-5918	<p>1 Сложный и длительный процесс диагностирования.</p> <p>2 Не обеспечена возможность измерения максимального давления ТНВД.</p> <p>3 При подготовке к работе требуется заправка приборов топливом.</p> <p>4 Отсутствует универсальность.</p> <p>5 Имеют ручной привод.</p>

Наименование и марка прибора	Особенности и недостатки
Устройство КИ-28139	1 Сложный и длительный процесс диагностирования. 2 Имеет большие габариты и массу. 3 Не отвечает требованиям охраны труда и экологии.
ЭМДП – электронный малогабаритный диагностический прибор	1 Отсутствует возможность однозначного определения давления, развиваемого плунжерными парами, и герметичности нагнетательных клапанов. 2 Имеет дорогостоящую и сложную конструкцию.

Для определения технического состояния ТНВД (износа плунжерных пар и нагнетательных клапанов) созданы специальные приборы: от простейших (эталонной форсунки) до электронных типа «ЭМДП» (представлены в таблице 18). В настоящее время многие из этих приборов не выпускают вовсе, хотя их еще можно найти в учебных заведениях, а также в крупных сельскохозяйственных и автотранспортных предприятиях. Анализ конструкций приборов для диагностирования ТНВД (таблица 18) показывает, что каждый из них имеет свои недостатки. Их изучение имеет практический интерес для создания новых аналогичных по назначению приборов.

Очевидно, что наряду с многочисленными требованиями, предъявляемыми к этим приборам, наиболее предпочтительным следует считать такой прибор, который был бы способен измерять максимальное давление, создаваемое плунжерными парами топливного насоса. При этом желательно, чтобы прибор был универсальным, удобным при использовании и надежным.

2 Назначение и технические характеристики дизельтестера ТАД-01А

Дизельтестер топливной аппаратуры дизеля «ТАД-01А» (далее – тестер, рис. 24) относится к семейству приборов типа «ТАД» и предназначен для диагностирования топливных насосов высокого давления автомобилей и тракторов всех моделей отечественного и иностранного производства, а также других аналогичных машин с дизельными двигателями.



Рисунок 24 – Дизельтестер ТАД-01А (общий вид)

Тестер может использоваться в виде отдельного средства измерений, в диагностических комплектах и со стендами для испытания топливной аппаратуры, а также в составе диагностических средств для ремонта, технического обслуживания, контроля и осмотра машин.

Технические характеристики

1 Тип – «ТАД-01А» – манометрический, универсальный, переносной с упруго-эластичным рукавом высокого давления, винтовым вентилем для сброса давления с ниппелем и сливным рукавом, сменных соединительных элементов в виде накидных гаек.

2 Параметры топливного насоса высокого давления (ТНВД), измеряемые тестером:

- а) давление плунжерной пары, МПа (кгс/см²);
- б) гидроплотность нагнетательного клапана, с.

3 Манометр типа МПЗ-У с пределами измерений от 0 до 100 МПа (от 0 до 1000 кгс/см²).

4 Размер резьбы под накидные гайки на корпусе тестера – М16 х 1,5, левая.

5 Размеры резьбы для подсоединения тестера при диагностировании ТНВД:

- отечественного производстваМ 14 × 1,5;
- иностранного производстваМ 12 × 1,5.

- 6 Давление рукава, МПа (кгс/см²):
- максимальное рабочее100 (1000);
 - разрывное200 (2000).
- 7 Габаритные размеры не более, мм195 × 105 × 45
- 8 Масса не более, кг0,95

3 Устройство и принцип работы дизельтестера

3.1 Устройство дизельтестера.

Тестер в соответствии с рисунками 25, 26 состоит из цилиндрического корпуса 4, вентиля с ниппелем 8 и сливным рукавом 9, а также присоединительных элементов: накидной гайки 3, проходного штуцера 2 и рукава высокого давления 1. В корпус 4 ввинчен манометр 5. К боковой шестигранной части корпуса присоединен вентиль, состоящий из гайки 7 и винта 6 с уплотнительным кольцом, установленным между корпусом 4 и гайкой 7 вентиля (не показано). При этом полость манометра 5 сообщена с полостью вентиля. Свободная часть корпуса 4 выполнена с образованием левой резьбы (М 16 × 1,5) под накидную гайку 3 и завершена конусом. Указанная гайка 3 – с левой и правой резьбой. Штуцер 2 – с коническими углублениями на концах под конус корпуса 4 и концевой гайки рукава 1 высокого давления, а также с правыми резьбами: одна для соединения с накидной гайкой 3, другая – с концевой гайкой рукава 1. При этом геометрические параметры конусов на корпусе 4, штуцере 2 и концевой гайке рукава 1 совпадают с конусом нажимного штуцера ТНВД. Для обеспечения универсальности в состав тестера входят две накидные гайки 3, каждая из которых с одной стороны выполнена с левой резьбой (М 16 × 1,5) – с возможностью навинчивания на корпус 4, а с другой – с правой резьбой (М 12 × 1,5 или М 14 × 1,5) для одновременного навинчивания ее на штуцер 2 с указанной резьбой. В соответствии с этим в состав тестера также входят два штуцера 2: один с резьбами М 12 × 1,5 и другой – М 14 × 1,5. Кроме того, правые резьбы на гайках 3 совпадают с резьбами на нажимных штуцерах 10 ТНВД 11. Это позволяет присоединять тестер к ТНВД 11 через штуцер 2 и рукав 1 в соответствии с рисунком 25, а также напрямую – посредством накидной гайки 3 в соответствии с рисунком 26.

3.2 Принцип работы дизельтестера.

Тестер в соответствии с рисунком 25 присоединяют к нажимному штуцеру 10 секции ТНВД 11 при помощи свободной концевой гайки рукава 1 высокого давления (на рисунке 25 ТНВД не показан) или в соответствии с рисунком 26 – накидной гайкой 3, входящей в состав тестера. При диагностировании ТНВД на двигателе способ присоединения тестера выбирают с учетом удобства выполнения данной операции. При диагностировании ТНВД 11 на стенде тестер присоединяют к нажимному штуцеру 10 «напрямую» – накидной гайкой 3. При испытании топливо из нажимного штуцера 10 через рукав 1 высокого давления и проходной штуцер 2 (если тестер подсоединен к ТНВД посредством указанных деталей)

или напрямую (если тестер подсоединен к ТНВД соответствующим образом) поступает в полость манометра 5 и одновременно – в полость вентиля.

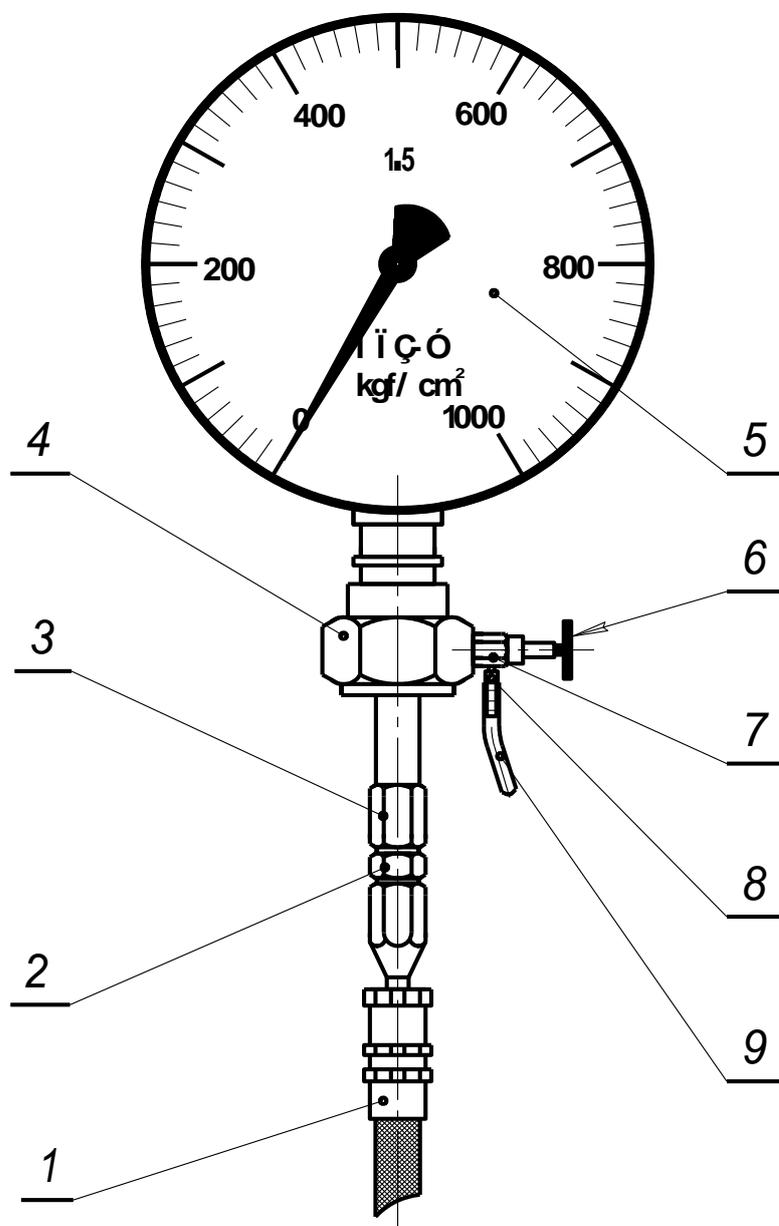


Рисунок 25 – Присоединение дизельтестера ТАД-01А к ТНВД (не показан) с применением рукава высокого давления:
1 – рукав высокого давления; 2 – штуцер проходной; 3 – гайка накидная; 4 – корпус; 5 – манометр; 6 – винт вентиля; 7 – гайка вентиля; 8 – ниппель; 9 – рукав сливной

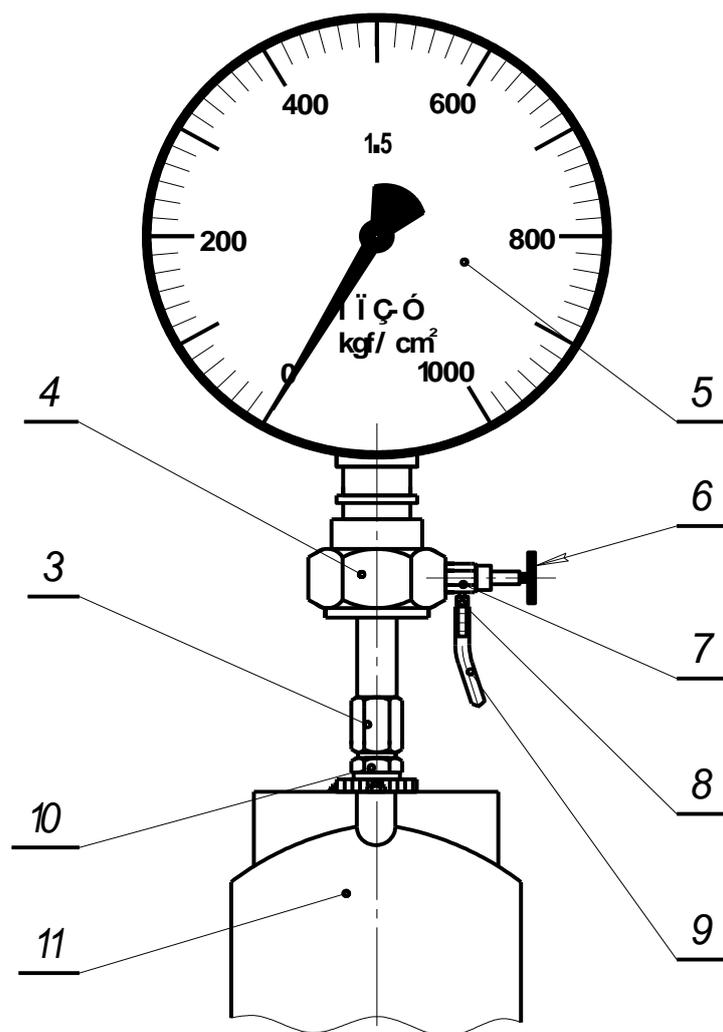


Рисунок 26 - Установка дизельтестера ТАД-01А на ТНВД «напрямую» – при помощи накидной гайки: 1 – рукав высокого давления; 2 – штуцер проходной; 3 – гайка накидная; 4 – корпус; 5 - манометр; 6 – винт вентиля; 7 – гайка вентиля; 8 – ниппель; 9 – рукав сливной; 10 – штуцер нажимной ТНВД; 11 - ТНВД

Вентиль открыт: топливо из полости манометра 5 проходит через дроссельное отверстие, ниппель 8 и по сливному рукаву 9 стекает в емкость (не показана). Прикрывают или закрывают винтом 6 вентиля дроссельное отверстие – топливо поступает в полость манометра 5. В результате давление в полости манометра 5 повышается. При необходимости повторяют измерение давления, развиваемого плунжерной парой ТНВД: плавно отключают и включают манометр 5 вентилем (винтом 6).

Гидроплотность нагнетательного клапана проверяют после остановки пускового устройства дизеля или испытательного стенда. Для этого плавно снижают вентилем давление в полости манометра 5 до установленного значения и закрывают вентиль. При снижении давления некоторая часть топлива из полости манометра 5 таким же образом сливается в ёмкость. При

закрытом вентиле истечение топлива через дроссельное отверстие не происходит, что обеспечивает возможность проверки гидроплотности указанного клапана.

4 Подготовка дизельтестера к использованию

1 Провести внешний осмотр тестера, убедиться в отсутствии повреждений и в его исправности.

2 Ввинтить винт 6 вентиля до упора и отвинтить на пол-оборота.

3 При необходимости подготовить тестер в соответствии с рисунком 25: соединить нужный проходной штуцер 2 одним концом с концевой гайкой рукава 1 высокого давления, другим посредством накидной гайки 3 – с тестером. При этом соединяемые элементы должны быть подобраны с одинаковой по размеру резьбой.

5 Порядок диагностирования ТНВД при прокручивании двигателя пусковым устройством

5.1 Присоединить дизельтестер к нажимному штуцеру 10 проверяемой секции ТНВД 11 в соответствии с рисунком 25 (свободной концевой гайкой рукава 1 высокого давления – не показано) или 3 (накидной гайкой 3 с левой и правой резьбой, входящей в состав тестера).

По усмотрению пользователя тестер может быть присоединен к топливо-проводу высокого давления испытываемого двигателя (не показано).

Для этого нужно:

а) ослабить накидную гайку одного из топливопроводов на штуцере проверяемой секции ТНВД;

б) свинтить другую гайку этого же топливопровода со штуцера форсунки;

в) не допуская деформации, отвести свободный конец топливопровода в положение, удобное для присоединения тестера;

г) ввинтить в свободную гайку топливопровода штуцер 2 с соответствующей резьбой и на указанный штуцер навинтить концевую гайку рукава 1;

д) затянуть на нажимном штуцере ТНВД ослабленную накидную гайку топливопровода.

5.2 Заполнить полости тестера и его присоединительных элементов топливом и удалить из них воздух: пустить дизель и дать ему поработать на средних оборотах коленчатого вала до появления топлива в рукаве 9; после чего, медленно ввинчивая винт 6 вентиля, создать давление в полости манометра 5 не менее 10 МПа (100 кгс/см²) и остановить двигатель (данную операцию можно не выполнять, а заполнение топливом произвести пусковым устройством – при проведении операций 5.5 и 5.6, но при этом несколько увеличится ее продолжительность).

5.3 Отключить другие цилиндры, отпустив на пол-оборота накидные гайки топливопроводов высокого давления.

5.4 Включить полную подачу топлива.

5.5 Включить пусковое устройство и прокручивать им дизель.

5.6 При появлении топлива в сливном рукаве 9 (трубке) плавно нагрузить манометр 5, медленно завинчивая винт 6 вентиля, и выполнить испытание секции ТНВД в режиме пуска двигателя с целью определения:

а) достаточного давления – при указанном нагружении до давления 30...40 МПа (300...400 кгс/см²);

б) максимального давления (при необходимости установления неравномерности топливоподачи и остаточного ресурса ТНВД) – при указанном нагружении до давления, не превышающего 80 МПа (800 кгс/см²).

При обнаружении течи топлива в резьбовых соединениях тестера устранить неплотности затяжкой гаек (рукава 1 высокого давления и гайки 3) и повторить операцию.

5.7 Отключить пусковое устройство и одновременно закрыть вентиль.

5.8 Медленно вывинчивая (ослабляя) винт 6 вентиля, снизить давление ориентировочно до 20 МПа (200 кгс/см²).

5.9 Измерить время падения давления от 15 до 10 МПа (от 150 до 100 кгс/см²).

5.10 При необходимости выполнить операции по пунктам 5.1 – 5.9 на других секциях ТНВД.

5.11 Демонтировать тестер с ТНВД в обратном порядке.

5.12 Сделать заключение о состоянии ТНВД:

а) давление, развиваемое плунжерной парой, достигает 30 МПа (300 кгс/см²) и более – плунжерная пара исправна;

б) время падения давления от 15 до 10 МПа (от 150 до 100 кгс/см²) более 10 с - герметичность нагнетательного клапана удовлетворительная.

Если указанное время окажется менее 10 с, необходимо вывернуть нажимной штуцер, промыть нагнетательный клапан, установить указанный штуцер на место и снова проверить плотность прилегания клапана к седлу. Если после промывки клапана время падения давления не возрастает, клапан подлежит замене.

Насос подлежит отправке в ремонт в случае непригодности хотя бы одной плунжерной пары.

При необходимости определить неравномерность топливоподачи (в %) по формуле

$$H = \frac{2(P_{\max} - P_{\min})}{P_{\max} + P_{\min}} 100, \quad (30)$$

где P_{\max} , P_{\min} - полученные максимальные и минимальные значения давлений из всех секций ТНВД. Например: при $P_{\min} = 500$ кгс/см², $P_{\max} = 550$ кгс/см² по формуле (30) получим $H = 9,5$ %.

Если неравномерность топливоподачи H превышает 11 %, то насос также подлежит отправке в ремонт.

Примечание – Если в эксплуатационно-технической документации на ТНВД указаны иные технические требования, диагностические параметры и их значения, то при оценке его состояния принимают во внимание данные, приведенные в названной документации.

Допускается диагностирование ТНВД (проведение операции по п. 5.6) в режиме минимальных оборотов коленчатого вала – на работающем двигателе. При этом следует соблюдать идентичность условий испытаний: частота вращения коленчатого вала двигателя при измерении давления каждой плунжерной пары должна быть одинаковой. Если давление плунжерных пар будет меньше 30 МПа (300 кгс/см²), то для уточнения полученного результата следует провести испытание насоса в режиме пуска дизеля – по пунктам 5.1 – 5.10.

5.13 Остаточный ресурс (наработку от момента контроля параметра технического состояния до его предельного значения – продолжительность безотказной работы машины или ее составной части) находят по известной из теории прогнозирования формуле

$$t_{ocm} = t \left[\left(\frac{I_n}{I_t} \right)^{1/\alpha} - 1 \right], \quad (31)$$

где t – ресурс, использованный ТНВД (плунжерными парами) к моменту измерения (соответствует наработке: трактора – в моточасах, автомобиля – в км пробега); $I_n = P_n - P_n$ – предельное изменение значения параметра; $I_t = P_n - P_t$ – изменение параметра к моменту измерения; P_n, P_n – номинальное (давление, развиваемое плунжерными парами нового насоса) и предельное (300 кгс/см²) значение параметра; P_t – измеренное и вычисленное среднее по секциям ТНВД значение давления; α – показатель степени, характеризующий закономерность изменения значений контролируемого параметра ($\alpha = 1,1$ – для износа плунжерных пар топливного насоса). Например: при $t = 30000$ км (пробег автомобиля к моменту диагностирования ТНВД), $P_n = 800$ кгс/см² (давление плунжерных пар нового насоса, например, по данным технической характеристики), $P_n = 300$ кгс/см², $P_t = 450$ кгс/см², $\alpha = 1,1$ получим $I_n = 500$ кгс/см², $I_t = 350$ кгс/см², а по формуле (31) – $t_{ocm} = 11100$ км.

При необходимости или в случае отсутствия сведений о наработке остаточный ресурс определяют с учетом времени работы машины между первой и второй проверками. Кроме того, остаточный ресурс насоса может быть найден по соответствующим номограммам, а также по другим известным методикам.

5.14 По полученным данным об остаточном ресурсе назначить время очередного контроля технического состояния ТНВД – приурочить его к периодическому (преимущественно к ТО-3 или ТО-2) техническому обслуживанию.

6 Порядок диагностирования ТНВД на стенде

1 Присоединить тестер к нажимному штуцеру 10 проверяемой секции ТНВД 11 в соответствии с рисунком 26 (свободной концевой гайкой рукава 1 высокого давления – не показано) или 3 (накидной гайкой 3 с левой и правой резьбой, входящей в состав тестера).

2 Присоединить к другим секциям топливопроводы с форсунками, размещёнными в стаканчиках; направить топливо на слив; установить минимальную (равную пусковой) частоту вращения вала привода ТНВД и включить стенд.

3 Включить полную подачу топлива и запустить стенд.

4 При появлении топлива в сливном рукаве 9 (трубке) спустить воздух винтом 6 вентиля, затем плавно нагрузить манометр 5, медленно завинчивая винт 6 вентиля, до давления 30...40 МПа (300...400 кгс/см²), а при необходимости определения неравномерности топливоподачи и остаточного ресурса ТНВД - до максимального давления, не превышающего 80 МПа (800 кгс/см²). При этом следует соблюдать особую осторожность и не допускать повышения давления в полости манометра более указанного значения, так как это может привести к разрушению манометра.

При обнаружении течи топлива в резьбовых соединениях тестера устранить неплотности затяжкой гаек (рукава 1 высокого давления и гайки 3) и повторить операцию.

5 Выключить стенд и одновременно закрыть ventиль.

6 Медленно вывинчивая (ослабляя) винт 6 вентиля, снизить давление ориентировочно до 20 МПа (200 кгс/см²).

7 Измерить время падения давления от 15 до 10 МПа (от 150 до 100 кгс/см²).

8 При необходимости выполнить операции по пунктам 1 – 8 на других секциях ТНВД.

9 Демонтировать тестер с ТНВД в обратном порядке.

10 Сделать заключение о состоянии ТНВД в соответствии с требованиями, указанными в пункте 5.12.

При необходимости определить неравномерность топливоподачи (в %) по формуле (30).

11 Определить остаточный ресурс по формуле (31).

12 По полученным данным об остаточном ресурсе назначить время очередного контроля технического состояния ТНВД с учетом рекомендаций, изложенных в пункте 5.14.

7 Порядок диагностирования ТНВД при работе двигателя на номинальной частоте вращения коленчатого вала

Данный режим диагностирования предложен впервые в ИрГСХА (кафедра ЭМТП и БЖД), а затем ГОСНИТИ («Технологическое руководство по диагностированию тракторов и самоходных сельскохозяйственных комбай-

нов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006») и заключается в следующем.

7.1 Запустить дизель и прогреть его до номинального температурного режима.

7.2 Остановить дизель и отсоединить от первого штуцера топливопровод высокого давления.

7.3 Прибор ТАД-01А соединить со штуцером первой секции ТНВД в соответствии с пунктом 5.1.

7.4 Заполнить полости тестера и его присоединительных элементов топливом и удалить из них воздух: пустить дизель и дать ему поработать на средних оборотах коленчатого вала до появления топлива в рукаве 9. После чего установить номинальную частоту вращения коленчатого вала двигателя и закрыть вентиль, медленно ввинчивая винт 6.

Наблюдая за показанием манометра 5 измерить максимальное давление, развиваемое плунжерной парой данной секции топливного насоса.

Если плунжерная пара развивает давление более 30 МПа (300 кгс/см²), то она исправна. В противном случае ее необходимо заменить – направить ТНВД в ремонт.

7.5 Зафиксировать время падения давления от 25 до 15 МПа (от 250 до 150 кгс/см²). Если это время меньше 15 с, то нагнетательный клапан ТНВД неисправен и требует замены (принято по литературным данным ГОСНИТИ 2006 года – по указанному выше источнику).

Примечание – Время падения давления может быть зафиксировано в интервале от 15 до 10 МПа (от 150 до 100 кгс/см²) и если это время меньше 10 с, то нагнетательный клапан также неисправен и требует замены (по данным ГОСНИТИ до 2006 года).

7.6 Аналогичным способом, выполнив пункты 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, проверить все секции топливного насоса и определить их техническое состояние.

7.7 Сделать заключение о состоянии ТНВД в соответствии с требованиями, указанными в пункте 5.12.

Для получения экспериментальных данных (зависимости давления плунжерной пары от частоты вращения коленчатого вала двигателя) измерения по пункту 7.4 выполнить многократно – при работе двигателя с частотой вращения коленчатого вала согласно протокола испытаний по форме 7. При этом частоту вращения коленчатого вала двигателя в каждой контрольной точке (800, 1000, 1200, ..., 2200 об/мин) выдерживают с допуском ± 50 об/мин. Измерения давления производят на одной и той же плунжерной паре и с трехкратной повторностью в каждой точке. По этим данным (по результатам трех опытов) находят средние значения давления, которые затем используют для получения указанной зависимости.

Форма 6 - Результаты испытаний ТНВД (протокол испытаний)

Параметр	Значения параметров при испытании ТНВД:		
	на двигателе в режиме:		на стенде
	пусковом	рабочем	
<p>1 Давление плунжерной пары по секциям ТНВД, кгс/см² :</p> <p> первая,</p> <p> вторая,</p> <p> третья,</p> <p> четвертая,</p> <p> пятая,</p> <p> шестая</p>	_____	_____	_____
<p>2 Время падения давления в интервале от 15 до 10 МПа (от 150 до 100 кгс/см²) по секциям, с:</p> <p> первая,</p> <p> вторая,</p> <p> третья,</p> <p> четвертая,</p> <p> пятая,</p> <p> шестая</p>	_____	_____	_____
<p>3 Неравномерность топливоподачи, %</p>	_____	_____	_____
<p>4 Среднее по секциям ТНВД значение давления, кгс/см²</p>	_____	_____	_____
<p>5 Остаточный ресурс - в км пробега, моточасах</p>	_____	_____	_____

Параметр	Значения параметров при испытании ТНВД:		
	на двигателе в режиме:		на стенде
	пусковом	рабочем	
6 Заключение о техническом состоянии ТНВД	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
<p><i>Примечания:</i></p> <p>1 Данные по пунктам 3, 4 и 5 должны быть подтверждены соответствующими расчетами, заключение – обосновано и разъяснено.</p> <p>2 Таблица заполняется в соответствии с выполненными испытаниями.</p>			

Форма 7 – Экспериментальные данные для получения зависимости давления плунжерной пары от частоты вращения коленчатого вала дизеля (протокол испытаний)

№ опыта	Давление в кгс/см ² , развиваемое плунжерной парой, при частоте вращения коленчатого вала дизеля в об/мин							
	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Первый								
Второй								
Третий								
Среднее значение давления, кгс/см ²								

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЬТЕСТЕРОМ ТАД-02А И МЕХАНОТЕСТЕРОМ КИ-5918

Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности

Цель работы: изучить приборы ТАД-02А и КИ-5918; научиться диагностировать и регулировать форсунки на дизеле (без снятия с двигателя) с применением названных приборов, а также делать заключение о техническом состоянии форсунок.

Содержание задания и порядок его выполнения:

- изучить назначение, технические характеристики, устройство и принцип действия приборов ТАД-02А и КИ-5918, а также технологию диагностирования и регулировки форсунок на дизеле с применением названных приборов;
- определить данными приборами и на стенде: давление начала впрыскивания топлива, герметичность сопряжения «игла-корпус распылителя» и качество распыла топлива (определение указанных параметров прибором ТАД-02А выполнить при прокручивании коленчатого вала двигателя пусковым устройством, а также при работе двигателя на минимальных оборотах холостого хода);
- дать заключение о техническом состоянии форсунок и при необходимости отрегулировать их на давление начала впрыскивания топлива;
- определить разность показаний, полученных с использованием названных приборов и при испытании этих же форсунок на настольном стенде, а также - вероятность ошибки при оценке качества распыла топлива;
- проанализировать полученные результаты и сделать необходимые выводы.

Примечание – Для сокращения времени и энергозатрат на выполнение работы в учебных целях допускается диагностирование лишь нескольких форсунок, но не менее, чем двух.

Оборудование рабочего места:

- любой автомобиль или трактор с дизельным двигателем;
- комплекты приборов К.ТАД-02А или К.ТАД-03А, либо прибор ТАД-02А;
- механотестер КИ-5918;
- любой настольный стенд для проверки и регулировки форсунок, например КИ-562А, КИ-3333 или М-106Э;
- автостетоскоп с наушниками;
- секундомер или часы с секундной стрелкой;
- необходимый инструмент, обтирочная ветошь.

План отчета (форма отчетности):

- 1 Заполнить протокол по форме 8.
- 2 Выполнить математическую обработку экспериментальных данных, указанных в форме 8. Полученные результаты проанализировать с изложением соответствующих выводов.

Контрольные вопросы:

- 1 Перечислите основные неисправности форсунок, причины их возникновения и формы проявления.
- 2 Что является причиной закоксовывания проходных сечений распылителей и каковы последствия этого явления?
- 3 Каким образом влияет негерметичность нагнетательного клапана ТНВД на процесс впрыскивания и надежность форсунки?
- 4 Как без приборов можно определить неработающую форсунку на дизеле?
- 5 Назовите параметры и качественные признаки технического состояния форсунки.
- 6 Параметры технического состояния форсунки - «давление начала впрыскивания топлива» и «давление впрыска топлива». Какой из них сформулирован правильно?
- 7 Назовите приборы для диагностирования форсунок на дизеле и перечислите их недостатки.
- 8 В чем принципиально отличаются приборы КИ-5918 и ТАД-02А?
- 9 Какие параметры, а также качественные признаки можно определять посредством названных приборов и каким образом?
- 10 Как отрегулировать форсунку двигателя «КамАЗ»?
- 11 На какой допуск следует ориентироваться при регулировке давления начала впрыскивания топлива форсункой и почему? Назовите его значение, например, для двигателей Д-240 и ЯМЗ-238Н.
- 12 Как точно (с каким допускаемым отклонением) должно быть выставлено давление начала впрыскивания топлива при регулировке форсунки, например, двигателя А-41?
- 13 Почему режим испытаний влияет на результат измерений параметров технического состояния форсунок?
- 14 Как найти вероятность ошибки определения качества распыла топлива при применении прибора КИ-5918 или ТАД-02А?
- 15 Какой прибор лучше: КИ-5918 или ТАД-02А?

Правила техники безопасности, необходимые при выполнении лабораторной работы:

- все монтажно-демонтажные работы следует выполнять только при неработающем двигателе и с использованием исправного инструмента;
- перед работой провести внешний осмотр приборов и их составных частей, убедиться в отсутствии повреждений приборов и в их исправности;

- перед началом испытаний следует проверять надежность соединения приборов со штуцерами ТНВД и форсунок; негерметичность соединений (подтекание топлива) не допускается;
- свободный конец сливного рукава прибора ТАД-02А должен быть герметично присоединен к трубке отвода топлива в бак или в насос либо направлен в накопительную емкость;
- рычаг коробки передач (КП) должен быть в нейтральном положении, а машина заторможена стояночным тормозом;
- пускать и останавливать как пусковой двигатель или стартер, так и дизель должен лаборант по сигналу преподавателя с соблюдением необходимых мер предосторожности.

Материалы для изучения и порядок выполнения работы

1 Краткий анализ конструктивного исполнения форсунок

Знания устройства форсунок нужны для того, чтобы четко представлять причины возникновения неисправностей, их признаки и порядок определения. Поэтому ниже дан краткий анализ конструктивного исполнения форсунок.

Форсунка пропускает под определенным давлением в камеру сгорания и распыливает порции (заряды) топлива, отмеренные насосом. Распыливание происходит за счет большой скорости истечения струи топлива, находящегося под действием высокого давления.

Основная часть форсунки – ее распылитель. Игла и уплотняющий конус распылителя составляют прецизионную пару с зазором в пределах тысячных долей миллиметра. Сопловое отверстие корпуса распылителя закрыто иглой, прижатой к уплотняющему конусу с помощью штанги, пружины и регулировочного винта с тарелкой. Давление пружины регулируют винтом, повернутым в стакан. Подъем иглы определяется величиной зазора между торцами иглы и корпуса форсунки. Топливо, которое в процессе работы просачивается между иглой и корпусом распылителя в полость пружины, отводится через сливное отверстие и по сливной трубке поступает в топливный бак или фильтр.

Форсунки тракторных дизельных двигателей называются закрытыми, потому что их распыливающее отверстие в промежутках между впрысками топлива закрыто иглой. Форсунки бывают: штифтовые – для двигателей, имеющих вихревые камеры сгорания разделенного типа, и бесштифтовые – для двигателей, камеры сгорания которых неразделенные.

Штифтовые имеют только одно распыливающее отверстие, в котором перемещается штифт иглы. При своем перемещении штифт удаляет нагар, который может образоваться в отверстии распылителя.

Бесштифтовые форсунки могут иметь одно или несколько распыливающих отверстий. Доступ топлива к ним лишь прикрывается иглой, не имеющей штифта, поэтому в процессе эксплуатации необходимо

при засорении распыливающих отверстий прочищать их тонкой проволокой. Однако этот недостаток бесштифтовых форсунок значительно перекрывается их большими преимуществами.

Форсунки с несколькими распыливающими отверстиями позволяют более равномерно распределять топливо по всему заряду воздуха. Такие форсунки, подающие под большим давлением несколько струй-факелов мелко распыленного топлива непосредственно в камеру поршня, обеспечивают более полное сгорание и значительное снижение удельного расхода топлива по сравнению со штифтовыми. Чтобы уберечь распыливающие отверстия форсунок от засорения, в штуцерах, которые подводят к ним топливо, установлены дополнительные фильтры.

2 Общие сведения о неисправностях форсунок и приборах для их поиска

Форсунки обеспечивают нормальное протекание рабочего процесса дизельного двигателя при хорошем распыливании и впрыскивании топлива под определенным давлением.

В процессе работы форсунки происходит приработка и износ ее деталей. Наиболее интенсивно изнашиваются нагруженные торцовые поверхности деталей. По мере износа деталей форсунки и снижения упругости пружины (ее жесткость достигает 20 кгс/мм) давление начала впрыскивания топлива уменьшается, а следствием этого являются: увеличение объема впрыскиваемого топлива и угла опережения впрыскивания, изменение мощности и экономичности. При значительном снижении давления впрыскивания топливо может подтекать из распылителя после посадки иглы в корпус, что быстро приводит к его закоксовыванию, ухудшению качества распыливания, зависанию иглы. Поэтому в процессе эксплуатации необходимо периодически проверять и регулировать давление начала подъема иглы распылителя. Опытные практики рекомендуют обкатку новых форсунок на стенде с их последующей регулировкой, что исключает выполнение этих работ на двигателе.

Кроме того, негерметичность возникает из-за заедания иглы в направляющем отверстии распылителя, наличия на поверхности седла распылителя грязи и частичек металла, из-за неравномерной выработки уплотняющего конуса иглы и седла распылителя.

Зависание иглы распылителя может быть как в верхнем (открытом), так и нижнем (закрытом) положении. Если игла зависла в верхнем положении, то топливо плохо распыливается форсункой, время впрыска увеличивается, а из выхлопной трубы двигателя выбрасываются клубы черного дыма. Когда игла зависает в нижнем положении, топливо не впрыскивается в цилиндр, двигатель резко снижает частоту вращения коленчатого вала, а в топливной системе слышны стуки. Отсутствие впрыска приводит к чрезмерному повышению давления в топливопроводах и нагнетательных полостях топливного насоса высокого давления. В этом случае необходимо остановить двигатель, так как могут появиться трещины в деталях топливной аппаратуры.

Закоксовывание проходных сечений распылителей определяет изменение их пропускной способности и неравномерность цикловой подачи топлива. Это приводит к неравномерности работы дизеля, что существенно снижает его долговечность.

На работоспособность форсунки оказывает влияние состояние нагнетательного клапана ТНВД – снижение его герметичности. Негерметичность клапана приводит к тому, что затягивается процесс впрыскивания (вместо резкой отсечки) и топливо подтекает через распылитель форсунки. При этом топливо сгорает не полностью, двигатель дымит, экономичность его работы понижается, а распылители также закоксовываются и теряют работоспособность. В результате негерметичность нагнетательного клапана является не только причиной нарушения работоспособности исправной форсунки, но и ее интенсивного износа (закоксовывания).

Форсунка может не работать вовсе из-за отсутствия подачи или низкого давления подачи топлива секцией ТНВД: плунжерные пары насоса должны подавать топливо к форсункам под давлением, не ниже 300 кгс/см².

В практике для обнаружения неработающей форсунки поступают следующим образом. Отвертывают по очереди на 1 – 2 оборота накидные гайки трубок высокого давления. Если отключают исправную форсунку, то снижается число оборотов и изменяется работа дизеля; если неисправную – дизель работает в прежнем режиме. Неисправную форсунку на неработающем двигателе определяют путем прокручивания пусковым устройством коленчатого вала двигателя при полной подаче топлива.

Кроме того, исправную форсунку на работающем двигателе можно определить по четкой пульсации стенок трубопровода высокого давления, взявшись за него рукой. Слабая пульсация стенок трубопровода или полное отсутствие ее будет указывать на торможение иглы при посадке или ее полное заклинивание. К стати, эффект пульсации положен в основу создания диагностических приборов контактного типа.

Выходные параметры форсунки определяются как ее техническим состоянием, так и работоспособностью ТНВД. Далее параметры форсунки напрямую влияют на работу двигателя.

Основными параметрами и качественными признаками технического состояния, характеризующими работоспособность форсунки, являются:

- давление начала впрыскивания топлива (*следует иметь в виду, что это - косвенный параметр, «давление впрыска топлива» – прямой параметр*);
- качество распыла топлива (*не допускается формулировать данный параметр в виде: «качество распыливания топлива», что не соответствует стандартной норме*);
- герметичность сопряжения «игла-корпус распылителя».

При этом «давление начала впрыскивания» и «герметичность сопряжения» - параметры технического состояния форсунки, а «качество распыла топлива» - качественный признак технического состояния.

Практически форсунку считают исправной, если она дает туман-

нообразный равномерный распыл с четким началом и концом впрыска. Хороший распыл топлива при впрыскивании в атмосферу как при испытании форсунок на дизеле, так и при их проверке на стенде характеризуется следующими признаками:

- туманообразное состояние топлива в струе;
- отсутствие различимых глазом отдельных вылетающих капель и местных сгущений топлива;
- четкий, резкий звук (отсечка) при впрыскивании;
- отсутствие подтекания топлива при выходе струи из отверстий распылителя перед началом и по окончании впрыскивания.

Для определения технического состояния форсунок на дизеле созданы специальные приборы: от простейших механических (например, максиметра) до электронных типа «Дизельтестер АДТ». Они широко представлены в литературе. В настоящее время многие из них уже не выпускаются.

При этом необходимо отметить, что создание приборов для диагностирования форсунок на дизеле затруднено необходимостью определения комплекса качественных признаков, которые почти не обнаруживаются визуально.

В последнее время ГОСНИТИ предложен новый прибор КИ-28143 для определения технического состояния форсунок. Он используется с устройством КИ-28139 (рис. 27, 28). Не касаясь конструктивных особенностей этого прибора (они изложены в Работе № 6 данного пособия), следует отметить, что техническое состояние форсунок при этом рекомендовано определять по новой технологии – по давлению впрыска топлива форсункой при мини-мальной частоте вращения коленчатого вала двигателя. Если это давление не соответствует допускаемым значениям, то форсунку снимают с дизеля. Помещают ее в колбу (рис. 28) и на работающем двигателе при той же частоте вращения коленчатого вала проверяют на давление начала впрыска. При этом визуально определяют качество распыла. Утечки топлива через распылитель контролируют по времени падения давления от 12 до 10 МПа, которое должно быть не менее 10 с.

Анализ конструкций приборов для диагностирования форсунок (таблица 19) показывает, что каждый из них имеет свои недостатки. Их изучение имеет практический интерес как в плане совершенствования уже имеющихся конструкций, так и при выборе наиболее подходящего для использования по назначению прибора.

Очевидно, что наряду с многочисленными требованиями, предъявляемыми к этим приборам, наиболее предпочтительным следует считать такой прибор, который бы полностью отвечал требованиям охраны труда, требованиям экологической безопасности и был бы способен определять все параметры технического состояния форсунки при наименьших затратах труда и средств на диагностирование – без снятия форсунок с дизеля. При этом также желательно, чтобы прибор был универсальным, удобным при использовании, доступным по цене и надежным.

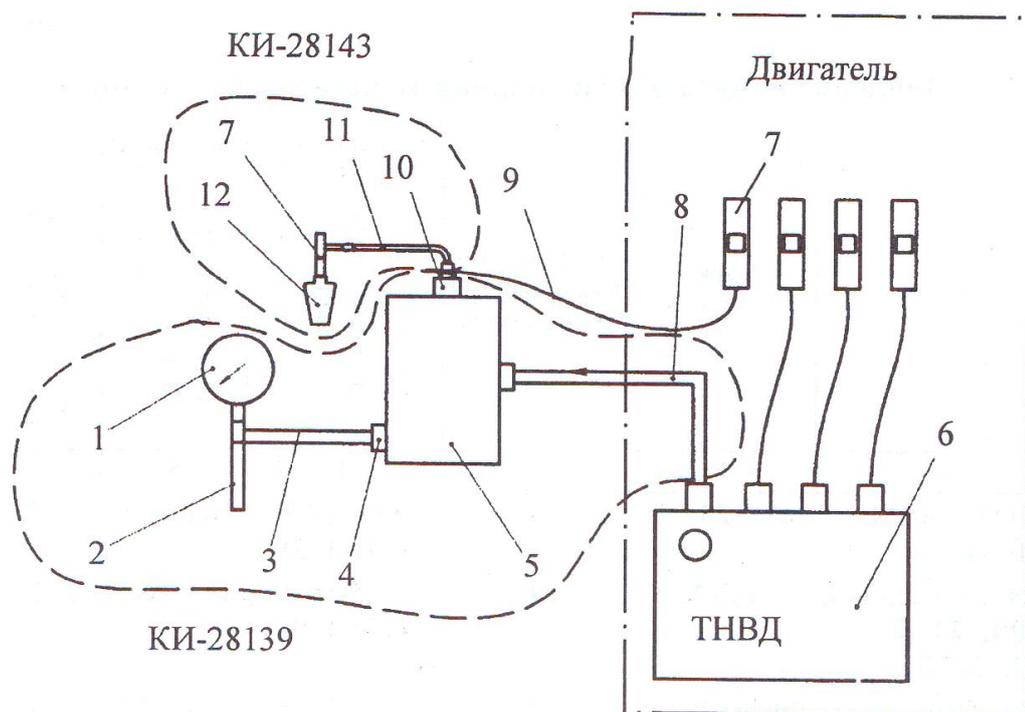


Рисунок 27 – Определение технического состояния форсунок дизеля устройствами КИ-28139 и КИ-28143: 1 – манометр; 2 – корпус с предохранительным клапаном; 3, 8, 11 – топливопроводы высокого давления; 4, 10 – штуцеры демпфера; 5 – демпфер; 6 – топливный насос высокого давления (ТНВД); 7 – форсунка; 9 – гибкий рукав высокого давления; 12 – глушитель-колба



Рисунок 28 – Устройство КИ-28143 для определения технического состояния форсунок дизеля

Таблица 19 – Анализ конструкций приборов для диагностирования форсунок

Наименование и марка прибора	Недостатки
Эталонная форсунка	<p>1 Не отвечает требованиям охраны труда: не предусмотрено устройство для сбора впрыскиваемого топлива и оно в туманообразном состоянии поступает в окружающую среду.</p> <p>2 Проверяемая форсунка должна быть демонтирована с дизеля.</p> <p>3 Отсутствует показывающий элемент (например, измерительная шкала или манометр).</p> <p>4 Требуется настройка эталонной форсунки на заданное давление, а для этого - соответствующий прибор.</p>
Максиметр (не выпускается)	<p>1 Не отвечает требованиям охраны труда: не предусмотрено устройство для сбора впрыскиваемого топлива и оно в туманообразном состоянии поступает в окружающую среду.</p> <p>2 Проверяемая форсунка должна быть демонтирована с дизеля.</p> <p>3 Отсутствует универсальность.</p>
Приборы КИ-16301А и КИ-9917 (не выпускаются)	<p>1 При подготовке к работе требуется заправка приборов топливом.</p> <p>2 Отсутствует универсальность.</p>
Устройства КИ-28139 и КИ-28143	<p>1 При необходимости проверяемая форсунка должна быть демонтирована с дизеля.</p> <p>2 Имеют большие габариты и массу.</p> <p>3 Не отвечают в полной мере требованиям охраны труда и экологии.</p>

Наименование и марка прибора	Недостатки
<p>Дизельтестер АДТ – электронный малогабаритный диагностический прибор</p>	<p>1 Не обладает универсальностью: предназначен только для диагностирования дизелей КамАЗ-740.</p> <p>2 Не позволяет определять другие параметры, кроме давления начала впрыскивания топлива.</p> <p>3 Имеет сложную и дорогостоящую конструкцию.</p>
<p><i>Примечание</i> – в таблицу не включены аналогичные по назначению приборы ТАД-02А и механотестер КИ-5918: они предложены для изучения при выполнении данной работы, а их характеристики представлены ниже и наиболее подробно.</p>	

Следует отметить, что *применение приборов для проверки форсунок непосредственно на дизеле целесообразно, если при этом не ставится задача снятия форсунок с дизеля*. Например: проверка и регулировка форсунок при техническом обслуживании и поиске неисправностей дизеля. В других случаях для проверки и регулировки форсунок в практике (чаще всего при ремонте) также широко применяют ручные настольные стенды, например, КИ-562А, КИ-3333, М-106Э или ДД-2110. Их главное преимущество – возможность определения качества распыла топлива визуально. Однако они не позволяют диагностировать форсунки на дизеле и в данной работе не являются предметом нашего изучения.

3 Технические характеристики приборов КИ-5918 и ТАД-02А

Механотестер КИ-5918 и дизельтестер ТАД-02А (далее – тестер) - современные универсальные отечественные приборы для диагностирования форсунок на дизеле. Прибор КИ-5918 является аналогом КИ-16301А и КИ-9917, которые представлены в таблице 18. Тестер ТАД-02А поставлен на производство после 2000 года и входит в состав комплекта приборов типа «ТАД».

Основные технические характеристики приборов КИ-5918 и ТАД-02А представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Технические характеристики приборов
КИ-5918 и ТАД-02А

Технические характеристики	Приборы:	
	КИ-5918	ТАД-02А
1 Назначение	Для диагностирования форсунок и ТНВД дизельных двигателей	Для диагностирования форсунок дизельных двигателей
2 Применяемость	Для отечественных дизельных двигателей	Для всех отечественных и иностранных дизельных двигателей
3 Параметры форсунок, измеряемые прибором	1 Давление начала впрыскивания топлива; 2 Герметичность сопряжения «игла-корпус распылителя»; 3 Качество распыла топлива	1 Давление начала впрыскивания топлива; 2 Герметичность сопряжения «игла-корпус распылителя»; 3 Качество распыла топлива
4 Манометр: • тип; • класс точности; • цена деления, МПа (кгс/см ²); • пределы измерений, МПа (кгс/см ²); • диаметр корпуса, мм	ТИ 2,5 1,0 (10,0) от 0 до 40,0 (от 0 до 400) 60	ТМ-5 1,5 0,5 (5,0) от 0 до 40,0 (от 0 до 400) 100
5 Привод	Ручной	От ТНВД дизеля
6 Присоединительный элемент	Жёсткий – в виде переходников с накидными гайками	Упруго-эластичный рукав высокого давления с переходниками и накидными гайками
7 Присоединительные размеры резьбы	М 14 × 1,5 (для отечественных дизелей)	М 14 × 1,5 и М 12 × 1,5 (для отечественных и иностранных дизелей соответственно)

Технические характеристики	Приборы:	
	КИ-5918	ТАД-02А
8 Давление рукава, МПа (кгс/см ²): • максимальное рабочее; • разрывное	- -	100 (1000); 200 (2000)
9 Габаритные размеры не более, мм	430 × 230 × 80	240 × 100 × 50
10 Масса не более, кг	2,35	1,1

4 Устройство и принцип работы дизельтестера ТАД-02А

4.1 Устройство дизельтестера ТАД-02А.

Тестер в соответствии с рисунками 29 и 30 состоит из цилиндрического корпуса 4 с вентилем, гайки 8 корпуса с манометром 7, а также рукава 5 высокого давления (РВД) и сменных соединительных элементов: двух



Рисунок 29 – Дизельтестер ТАД-02А (общий вид)

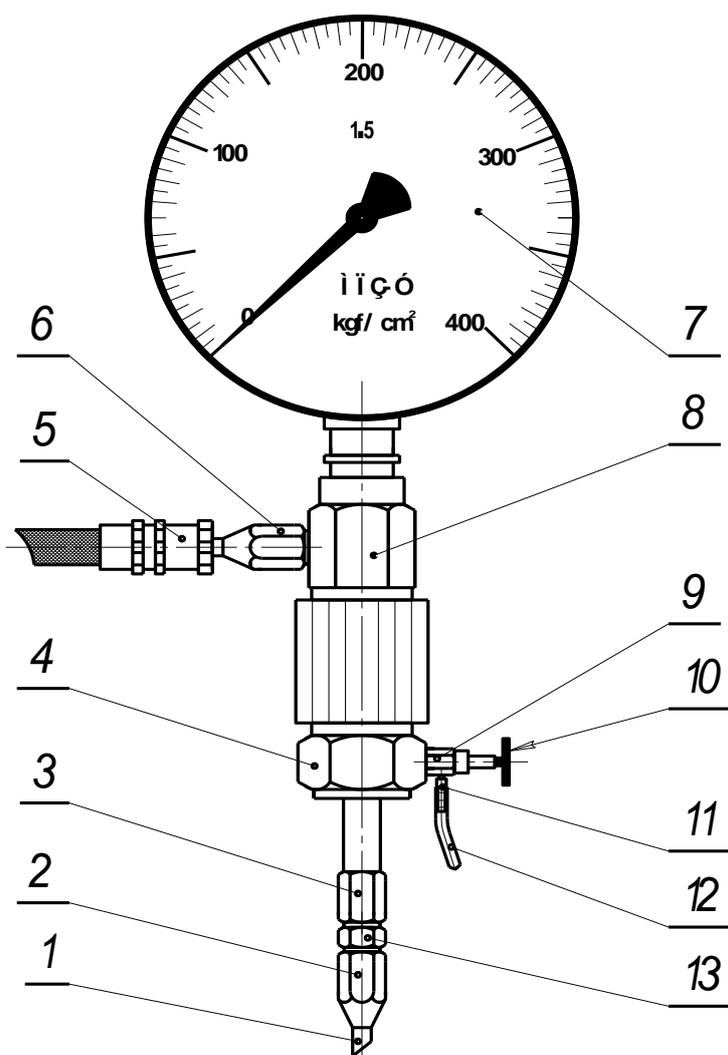


Рисунок 30 – Устройство дизельтестера ТАД-02А:

1, 5 – топливопровод и рукав высокого давления; 2, – гайка топливопровода; 3 – гайка накидная; 4 - корпус; 6 – ниппель рукава; 7 – манометр; 8 – гайка корпуса; 9 – гайка вентиля; 10 - винт вентиля; 11 – ниппель вентиля; 12 – рукав сливной; 13 – штуцер проходной

накидных гаек 3 и двух проходных штуцеров 13. В корпусе 4 размещен нагнетательный клапан (не показан), который зафиксирован ввинченной в указанный корпус гайкой 8. К боковой шестигранной части корпуса 4 присоединен вентиль, состоящий из гайки 9 с ниппелем 11, к которому подсоединен сливной рукав 12, и винта 10 с уплотнительным кольцом (не показано). В гайку 8 корпуса ввинчен манометр 7, а к ее шестигранной боковой части привинчен рукав 5 посредством резьбы на его ниппеле 6. Свободная часть корпуса 4 выполнена с образованием левой резьбы ($M16 \times 1,5$) под накидные гайки 3 и завершена конусом. Указанные гайки с одной стороны выполнены также с левой резьбой ($M16 \times 1,5$) – с возможностью навинчивания на корпус 4, а с другой - с правой резьбой ($M14 \times 1,5$ или $M12 \times 1,5$) – для одновременного навинчивания на штуцер 13 с соот-

ветствующей резьбой. Каждый штуцер 13 – с коническими углублениями: с одной стороны - под конус корпуса 4, а с другой – под конус топливопровода 1. При этом один штуцер 13 имеет резьбу на концах $M14 \times 1,5$, а другой - $M12 \times 1,5$. Концевая гайка рукава 5 имеет правую резьбу $M14 \times 1,5$ и, при необходимости, в нее может быть ввинчен наконечник с концевой гайкой на $M12 \times 1,5$ (не показано). Наличие двух гаек 3, двух штуцеров 13, а также наконечника к рукаву 5 обеспечивает возможность присоединения тестера к топливовпрыскивающей аппаратуре как с резьбой на ее штуцерах $M14 \times 1,5$, так и $M12 \times 1,5$. Топливопровод 1 нужен для присоединения тестера к топливному насосу высокого давления (ТНВД), рукав 5 – для подключения тестера к испытываемой форсунке (ТНВД и форсунка не показаны). При этом полость манометра 7 сообщена с форсункой – через рукав 5, а также с топливным насосом – через топливопровод 1, штуцер 13 и нагнетательный клапан, и с полостью вентиля – через нагнетательный клапан и дроссельное отверстие в гайке 9 вентиля.

4.2. Принцип работы дизельтестера ГАД-02А.

Тестер в соответствии с рисунком 30 присоединяют к нажимному штуцеру секции ТНВД при помощи гайки топливопровода 1, а также к испытываемой форсунке – посредством концевой гайки рукава 5 или его наконечника. При этом если штуцеры ТНВД и форсунок имеют резьбу $M 14 \times 1,5$, то используют соответствующий топливопровод 1 – с гайками, имеющими резьбу $M 14 \times 1,5$. Один его конец соединяют со штуцером ТНВД, в другой ввинчивают штуцер 13, резьба на котором совпадает с резьбой гайки топливопровода 1 ($M 14 \times 1,5$). На другой конец этого штуцера (с резьбой $M 14 \times 1,5$) и свободную резьбовую часть ($M 16 \times 1,5$, левая) тестера одновременно навинчивают гайку 3, одна сторона которой имеет соответственно правую резьбу $M 14 \times 1,5$, а другая – левую $M 16 \times 1,5$. Свободный конец рукава 5, имеющий гайку с резьбой $M 14 \times 1,5$, соединяют при помощи указанной гайки со штуцером форсунки, который также имеет резьбу $M 14 \times 1,5$. Тестер присоединен к топливо-впрыскивающей аппаратуре – к ее штуцерам с резьбой $M 14 \times 1,5$. Если штуцеры ТНВД и форсунок имеют резьбу $M 12 \times 1,5$, то используют топливопровод 1 – с резьбой на гайках $M 12 \times 1,5$, а вместе с ним – штуцер 13 с резьбой $M 12 \times 1,5$ и накидную гайку 3 с соответствующей резьбой. Присоединение тестера к топливопроводу 1 выполняют в аналогичном порядке. В рукав 5 ввинчивают наконечник и посредством его гайки с резьбой $M 12 \times 1,5$ также соединяют указанный рукав со штуцером форсунки. Тестер присоединен к ТНВД и к форсунке с резьбой на их штуцерах $M 12 \times 1,5$. Приступают к испытанию форсунки. Дают полную подачу топлива. Приводят в действие ТНВД. Вентиль открыт: топливо из нажимного штуцера ТНВД через топливопровод 1 и штуцер 13 поступает в полость вентиля, проходит через его дроссельное отверстие, ниппель 11 и сливается по рукаву 12 в емкость (не показана). Закрывают вентиль винтом 10 – повышают давление в полости манометра 7 до обнаружения первого впрыска топлива форсункой: топливо через нагнетательный клапан

поступает в полость манометра 7 и одновременно - в полость корпуса форсунки. После чего винт 10 вывинчивают (ослабляют): топливо проходит через форсунку (осуществляется впрыск) и частично – через вентиль – на слив. В процессе дросселирования добиваются стабильных показаний манометра: стрелка манометра 7 должна плавно перемещаться в интервале от минимального до максимального значения, указанный интервал должен быть предельно коротким. По показаниям стрелки манометра в момент впрыска определяют соответствующее давление – снимают максимальное значение показаний манометра 7. Проверку герметичности (гидроплотности) сопряжений форсунки производят при закрытом вентиле: истечение топлива через дроссельное отверстие не происходит, что обеспечивает возможность осуществления данной операции.

5 Устройство и принцип работы механотестера КИ-5918

5.1 Устройство механотестера КИ-5918.

Механотестер представляет собой ручной насос высокого давления. В соответствии с рисунком 31 (общий вид этого прибора также показан на рис. 22) он состоит из манометра 11, подключенного к нагнетательной полости корпуса 12; плунжерной пары и нагнетательного клапана, находящихся внутри корпуса; вентиля 8; дросселя 9; наконечника 10 и привода толкателя 6. Привод представляет собой рукоятку 2 в виде полого цилиндра, свободный конец которой закрыт пробкой 1, а другой выполнен с образованием вилки 3. Рукоятка 2 посредством вилки 3 и оси 5 шарнирно присоединена к корпусу 12 – к его основанию 4. При этом полость рукоятки 2 сообщена прозрачным гибким топливопроводом 7 со всасывающей полостью корпуса 12.

5.2. Принцип работы механотестера КИ-5918.

Механотестер присоединяют к штуцеру проверяемой форсунки при помощи присоединительных элементов – наконечника 10 или специального рукава (не показан). При нажатии на рукоятку 2 толкатель 6 воздействует на плунжер, который нагнетает топливо через открывшийся нагнетательный клапан в нагнетательную полость корпуса 12.

Далее топливо под давлением подается через присоединительный элемент в штуцер форсунки. При освобождении рукоятки 2 плунжер возвращается в исходное положение, а нагнетательный клапан закрывается. В этот момент надплунжерное пространство заполняется новой порцией топлива, которое поступает туда из полости рукоятки 2 через гибкий топливопровод 7. После нескольких перемещений рычага давление в нагнетательной полости корпуса 12 повышается настолько, что происходит впрыск топлива. При этом давление начала впрыскивания топлива контролируют по манометру 11 – по максимальному отклонению его стрелки, а качество распыла – прослушиванием звука впрыска автостетоскопом. Герметичность (гидроплотность) сопряжения «игла-корпус распылителя» определяют по времени падения давления в заданном интервале.

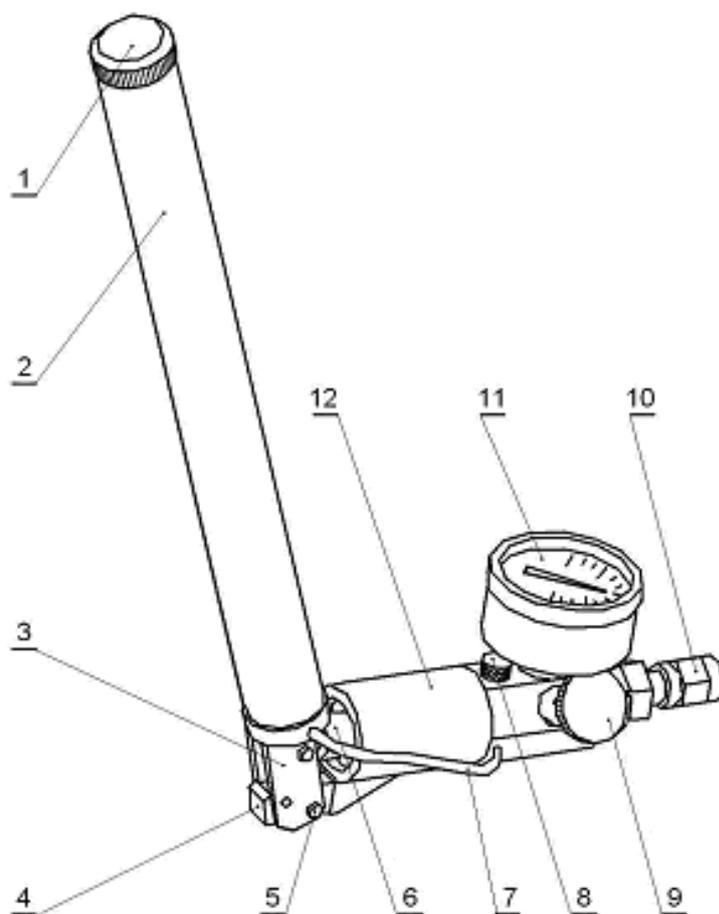


Рисунок 31 – Устройство механотестера КИ-5918:
 1 – пробка; 2 – рукоятка; 3 – вилка; 4 – основание корпуса; 5 – ось;
 6 – толкатель; 7 – топливопровод; 8 – вентиль; 9 – дроссель;
 10 – наконечник (штуцер); 11 – манометр; 12 – корпус

6 Подготовка тестеров к использованию

Порядок подготовки механотестера КИ-5918 к работе.

1 Провести внешний осмотр тестера, убедиться в отсутствии повреждений и в его исправности.

2 Вывернуть из рукоятки 2 пробку 1 (рисунок 31) и залить (долить) дизельное топливо в полость рукоятки. После чего вернуть пробку обратно неполностью, недовинчивая ее в рукоятку на 1,5 - 2 оборота. Недовинчивание пробки предусмотрено для того, чтобы в процессе работы тестера через неплотное резьбовое соединение было обеспечено сообщение полости рукоятки с атмосферой.

3 Удалить воздух из подплунжерного пространства путем частичного откручивания вентиля 8 на несколько секунд до истечения топлива без пузырьков. Удалить воздух из гибкого топливопровода 7 установкой тестера в положение, обеспечивающее его выход в рукоятку 2.

4 Заполнить полость нагнетания топливом, произведя несколько перемещений рукоятки 2 до момента полнопоточного истечения топлива из канала штуцера 10 и сливного канала дросселя 9. Если последнее условие не

достигается и в прозрачном топливопроводе 7 снова появился воздух, то удалить его повторным частичным откручиванием вентиля 8 и дополнительными нагнетательными перемещениями рукоятки 2. Закрывать вентиль 8 и дроссель 9.

5 Заглушить нагнетательную полость прибора установкой специальной пробки. Выполнить несколько рабочих перемещений рукоятки 2, доведя давление до 17,0...20,0 МПа. Определить время падения давления в интервале от 15,0 до 10,0 МПа. Прибор считается готовым к работе, если время падения давления будет более 60 с.

6 Закрутить пробку 1 на рукоятке 2.

Порядок подготовки дизельтестера ГАД-02А к работе.

1 Провести внешний осмотр тестера, убедиться в отсутствии повреждений и в его исправности.

2 Ввинтить винт 10 (рис. 30) вентиля до упора и отвинтить на пол-оборота.

3 При необходимости подготовить тестер в соответствии с рисунком 30:

а) присоединить специальный, предназначенный для работы с тестером, топливопровод 1 (входящий в комплект стенда для испытания ТНВД или топливопровод высокого давления от любого дизеля) к тестеру: в гайку 2 топливопровода 1 ввинтить штуцер 13, свободный конец этого штуцера соединить с резьбовой частью корпуса 4 посредством гайки 3;

в) присоединить рукав 5 к тестеру;

б) при необходимости ввинтить наконечник в концевую гайку рукава 5.

При этом соединяемые элементы должны быть подобраны с одинаковой по размеру резьбой.

7 Порядок измерения параметров и регулировки форсунок на двигателе

Диагностирование и регулировка форсунок механотестером КИ-5918.

1 Подсоединить тестер к проверяемой форсунке. Для этого отсоединить топливопровод высокого давления от форсунки и присоединить тестер к ее штуцеру: напрямую – при помощи гайки 10 с левой и правой резьбой; через удлинитель или с использованием соответствующих переходников.

В момент начала жесткого закрепления тестера нужно сориентировать его таким образом, чтобы было достаточное превышение уровня топлива в рукоятке относительно входного канала.

2 Измерить и, при необходимости, отрегулировать давление начала впрыскивания топлива согласно таблицы 21.

Выполнить рукояткой тестера несколько рабочих движений, наполнив каналы форсунки топливом, и, наблюдая за стрелкой манометра, зафиксировать момент ее максимального отклонения, что соответствует давлению начала впрыскивания топлива форсункой. Если значение этого параметра не соответствует данным, приведенным в таблице 21, то форсунку следует отрегулировать.

Таблица 21 – Давление начала впрыскивания топлива форсунками

Марка двигателя	Обозначение форсунки	Давление начала впрыскивания, МПа, кгс/см ²
Д-50/50А	16С46-3Б	13 ^{+0,5} (130 ⁺⁵)
СМД-14/15/18/19/20	11.1112010-391	15 ± 0,25 (150 ± 2,5)
Д-65А1/65Н/65П/65М/65ЛС	11.1112010-02	17,5 ^{+0,5} (175 ⁺⁵)
Д-240/241/242/243	11.1112010-04	17,5 ^{+0,5} (175 ⁺⁵)
Д-37М/37Е, Д-144, Д-21, Д-120	16.1112010	17 ^{+0,5} (170 ⁺⁵)
СМД-14Н/14НГ/14АН/14БН, СМД-17КН/18Н/18КН/19/20, СМД-66, СМД-72	11.1112010-02	17,5 ^{+0,5} (175 ⁺⁵)
СМД-72	11.1112010-393	17,5 ^{+0,5} (175 ⁺⁵)
СМД-21/22	11.1112010-394	17,5 ^{+0,5} (175 ⁺⁵)
СМД-60/62	11.1112010.10-392	17,5 ^{+0,5} (175 ⁺⁵)
СМД-23/24/31/31А	39.1112010 (ФД-39)	17,5 ^{+0,5} (175 ⁺⁵)
А-01М/01ЛМ, А-41	М6А1-20С1Б	17,5 ^{+0,5} (175 ⁺⁵)
Д-108, Д-160/160Б	14-69-117СП	21 _{-0,85} (210 _{-8,5})
ЯМЗ-236/238/238НБ/238НД	26.1112010	17,5 ^{+0,5} (175 ⁺⁵)
ЯМЗ-238Н/238П	261.1112010	21 ^{+0,5} (210 ⁺⁵)
ЯМЗ-240/240Б/240В/240БМ	262.1112010	17,5 ^{+0,5} (175 ⁺⁵)
ЯМЗ-240Н/240П	263.1112010	21 ^{+0,5} (210 ⁺⁵)
КамАЗ-740, КамАЗ-7401	Мод.33	22 ^{+0,6} (220 ⁺⁶)
КамАЗ-740	Мод.33-01	22 ^{+0,5} (220 ⁺⁵)
КамАЗ-740.20, КамАЗ-7403	Мод.271	23,5 ^{+0,5} (235 ⁺⁵)
КамАЗ-7402, КамАЗ-7408	Мод.272	22 ^{+0,5} (220 ⁺⁵)

Примечание – В данной таблице указано номинальное давление начала впрыскивания топлива, например по форсунке Д-50/50А оно составляет от 13 до 13,5 МПа (от 130 до 135 кгс/см²). Предельное значение этого параметра практически для всех форсунок на 0,5 МПа (5 кгс/см²) меньше нижнего допуска, например для этой же форсунки оно равно 13^{-0,5} МПа (130⁻⁵ кгс/см²) или 12,5 МПа (125 кгс/см²).

Регулировку производят регулировочным винтом (кроме форсунок двигателей «КамАЗ») при снятом колпаке форсунки и отвернутой контргайке на давление, соответствующее верхнему номинальному значению. Отклонение давления от указанного допуска ± 0,05 МПа (± 0,5 кгс/см²). При ввертывании винта давление повышается, при вывертывании – снижается. После регулировки отвернутую контргайку следует затянуть.

На двигателях «КамАЗ» такой винт не предусмотрен и поэтому регулировку форсунок производят установкой регулировочных шайб.

3 Проверить качество распыла топлива. Для этого выполнить несколько плавных рабочих перемещений рукоятки до момента начала нагнетания топлива (давление в полости нагнетания должно быть 80...100 кгс/см²) и резко переместить рукоятку тестера на оставшемся пути активного хода плунжера. Если звук впрыскивания прослушивается слабо и не имеет ярко выраженного оттенка, характерного для исправного распылителя, то качество распыла топлива неудовлетворительное. Форсунку разбирают и очищают от отложений.

У исправной форсунки впрыскивание должно сопровождаться четким, хорошо прослушиваемым прерывистым звуком высокого тона.

4 Оценить герметичность сопряжения «игла-корпус распылителя» (запорного конуса иглы распылителя). Для этого выполнить рукояткой тестера несколько рабочих движений, обеспечив в полости нагнетания тестера давление на 10...15 кгс/см² меньше номинального значения давления начала впрыскивания топлива форсункой. Затем произвести еще несколько рабочих движений рукояткой с частотой от 60 до 70 колебаний. Наблюдая за стрелкой манометра, зафиксировать ее максимальное отклонение.

Определить по секундомеру или часам с секундной стрелкой время падения давления в интервале от 150 до 100 кгс/см², которое должно быть не менее 15 с.

5 Продиагностировать другие форсунки дизеля, выполнив при этом операции 1 – 4.

6 Демонтировать тестер с дизеля, с тестера – использованный переходной присоединительный элемент. Тестер и его составные части протереть чистой ветошью и уложить в футляр.

Диагностирование и регулировка форсунок дизельтестером ТАД-02А.

1 Подсоединить тестер к дизелю - к одной из секций ТНВД и к проверяемой форсунке (рис. 30). Для этого:

- снять с дизеля соответствующий топливопровод высокого давления;
- соединить свободную накидную гайку топливопровода 1 высокого давления, присоединенного к тестеру, с нажимным штуцером ТНВД;
- концевую гайку РВД - со штуцером форсунки.

Если резьба на штуцерах ТНВД и форсунок М 12 × 1,5, то для присоединения тестера к дизелю следует использовать соответствующие адаптеры, входящие в комплект тестера.

2 Заполнить полости тестера и его присоединительных элементов топливом и удалить из них воздух: пустить дизель и дать ему поработать на средних оборотах коленчатого вала до появления топлива в рукаве 12; после чего, медленно ввинчивая винт 10 вентиля, создать давление в полости манометра 7 не менее 10 МПа (100 кгс/см²).

При обнаружении течи топлива в резьбовых соединениях тестера устранить неплотности затяжкой гаек и повторить операцию.

3 Измерить и, при необходимости, отрегулировать давление начала

впрыскивания топлива. Одновременно определить качество распыла топлива и проверить герметичность распылителя.

Вначале выполняют измерения при работе двигателя на минимальных оборотах холостого хода, а затем в режиме пуска дизеля. Испытания в режиме пуска осуществляют при полной подаче топлива и при отключенных цилиндрах.

В обоих случаях порядок измерений давления один и тот же: закрывая вентиль винтом 10, повысить давление в полости манометра 7 до обнаружения первого впрыска топлива форсункой и, дросселируя топливо вентилем, добиться стабильных показаний манометра – плавного перемещения стрелки на предельно коротком интервале показаний от минимального до максимального значения.

Если в процессе измерений не удастся стабилизировать показания манометра путем дросселирования топлива, при этом давление впрыскивания занижено на 30...50 % от номинального значения и стрелка манометра колеблется в интервале от нуля до зафиксированного максимального значения, то это является признаком неудовлетворительного качества распыла топлива: форсунка льет.

Хороший распыл топлива характеризуется высоким, равным номинальному или близким к нему, значением давления начала впрыскивания топлива форсункой, при измерении которого колебания стрелки манометра стабильны на предельно коротком интервале показаний или отсутствуют.

Зафиксировать максимальное значение показаний манометра, соответствующее давлению начала впрыскивания топлива форсункой. При необходимости отрегулировать форсунку таким же образом, как и при использовании механотестера КИ-5918.

Проверку герметичности сопряжения «игла-корпус распылителя» (запорного конуса иглы распылителя) выполняют на завершающем этапе одного из режимов испытаний.

Для этого после измерения давления начала впрыска топлива форсункой (при максимальном значении показаний манометра) остановить двигатель или выключить пусковое устройство. Затем по секундомеру или часам с секундной стрелкой определить время падения давления в интервале от 15 до 10 МПа (от 150 до 100 кгс/см²), которое должно быть не менее 15 с.

4 Провести диагностирование других форсунок дизеля. Для этого отсоединить рукав 5 от испытанной форсунки и присоединить его к другой форсунке, затем снова выполнить предыдущую операцию – сначала при работе двигателя на минимальных оборотах холостого хода, а затем в режиме пуска дизеля.

5 Демонтировать тестер с дизеля, с тестера – использованные переходные присоединительные элементы. Тестер и его составные части протереть чистой ветошью и уложить в футляр.

8 Сравнительная оценка основных метрологических характеристик приборов и выбор режимов испытаний форсунок с учетом метрологических требований

Такая оценка имеет научно-практический интерес и прежде всего потому, что весьма важно знать: во-первых, на сколько приемлемо применение указанных тестеров по метрологическим данным и, во-вторых, какой режим испытаний форсунок с использованием прибора ТАД-02А дает наиболее достоверные результаты.

Для решения первой задачи поступают следующим образом. После испытания форсунок с применением тестеров снимают форсунки с дизеля и подвергают их проверке на стенде по тем же диагностическим параметрам либо такую проверку форсунок выполняют сначала на стенде, а затем их устанавливают на дизель и испытывают с использованием тестеров. При этом стенд является контрольным или эталонным прибором.

Вторую задачу решают в процессе испытаний на дизеле.

По полученным данным определяют следующие оценочные показатели.

Для параметров технического состояния форсунки, например, давления начала впрыскивания - абсолютную $\Delta \bar{P}_{(i-j)}$ (в кгс/см²) и относительную $\delta \bar{P}_{(i-j)}$ (в %) разность средних значений параметра - по формулам:

$$\Delta \bar{P}_{(i-j)} = \bar{P}_{(i)} - \bar{P}_{(j)} /, \quad (32)$$

$$\delta \bar{P}_{(i-j)} = 100 \cdot \Delta \bar{P}_{(i-j)} / \bar{P}_{(j)}, \quad (33)$$

где $\Delta \bar{P}_{(i-j)}$, $\delta \bar{P}_{(i-j)}$ - абсолютная и относительная разность средних значений указанного параметра при сопоставлении прибора j с прибором i либо при сравнении режима испытаний j с режимом i ; $\bar{P}_{(i)}$, $\bar{P}_{(j)}$ - среднее значение этого параметра при измерении прибором соответственно i и j либо при реализации режимов испытаний - i и j .

Аналогичным образом находят абсолютную $\Delta \bar{T}_{(i-j)}$ (в с) и относительную $\delta \bar{T}_{(i-j)}$ (в %) разность средних значений времени падения давления в интер-вале от 15 до 10 МПа (от 150 до 100 кгс/см²) - по формулам:

$$\Delta \bar{T}_{(i-j)} = \bar{T}_{(i)} - \bar{T}_{(j)} /, \quad (34)$$

$$\delta \bar{T}_{(i-j)} = 100 \cdot \Delta \bar{T}_{(i-j)} / \bar{T}_{(j)}, \quad (35)$$

где $\Delta \bar{T}_{(i-j)}$, $\delta \bar{T}_{(i-j)}$ - абсолютная и относительная разность средних значений времени падения давления при том же сопоставлении приборов и режимов испытаний j и i ; $\bar{T}_{(i)}$, $\bar{T}_{(j)}$ - среднее значение этого параметра при измерении прибором соответственно i и j либо при реализации режимов испытаний - i и j .

Для качественных признаков, в данном случае – для «качества распыла топлива», вычисляют вероятность ошибки $P_{O(i-j)}$ обнаружения указанного признака при сопоставлении прибора j с прибором i либо при сравнении режима испытаний j с режимом i - по формуле

$$P_{O(i-j)} = N_{H(i-j)} / \sum N_{D}, \quad (36)$$

где $N_{H(i-j)}$ - число объектов (форсунок), по которым признак не подтвержден на эталонном приборе (стенде) - при сопоставлении прибора j с прибором i либо при сравнении режима испытаний j с режимом i ; $\sum N_{D}$ - суммарное число объектов диагностирования.

Форма 8 – Протокол и результаты испытаний

Параметр	Результаты испытаний, полученные при использовании:			
	стенда <hr/> (модель)	тестеров:		
		КИ-5918	ТАД-02А в режиме:	
			пусковом	мин. об. холостого хода
1	2	3	4	5
1 Давление начала впрыскивания топлива по форсункам, кгс/см ² : первая, вторая, третья, четвертая	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

1	2	3	4	5
<p>2 Время падения давления в интервале от 15 до 10 МПа (от 150 до 100 кгс/см²) по форсункам, с:</p> <p>первая, вторая, третья, четвертая</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>			
<p>3 Качество распыла топлива по форсункам («+» или «-» - соответственно удовлетворительное или неудовлетворительное):</p> <p>первая, вторая, третья, четвертая</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>			
<p>4 Среднее по форсункам значение давления начала впрыскивания \bar{P}_ϕ, кгс/см²</p>	<p>$\bar{P}_{(СТ)}$</p> <p>_____</p>	<p>$\bar{P}_{(КИ)}$</p> <p>_____</p>	<p>$\bar{P}_{(ТАД-П)}$</p> <p>_____</p>	<p>$\bar{P}_{(ТАД-Р)}$</p> <p>_____</p>

1	2	3	4	5
<p>5 Абсолютная разность средних значений давления начала впрыскивания $\Delta \bar{P}_{(i-j)}$, кгс/см² – по формуле (32)</p>	$\Delta \bar{P}_{(СТ-КИ)} = / \bar{P}_{(СТ)} - \bar{P}_{(КИ)} / =$ $= / \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} / = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\Delta \bar{P}_{(СТ-ТАД-П)} = / \bar{P}_{(СТ)} - \bar{P}_{(ТАД-П)} / =$ $= / \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} / = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\Delta \bar{P}_{(СТ-ТАД-Р)} = / \bar{P}_{(СТ)} - \bar{P}_{(ТАД-Р)} / =$ $= / \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} / = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\Delta \bar{P}_{(КИ-ТАД-П)} = / \bar{P}_{(КИ)} - \bar{P}_{(ТАД-П)} / =$ $= / \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} / = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\Delta \bar{P}_{(КИ-ТАД-Р)} = / \bar{P}_{(КИ)} - \bar{P}_{(ТАД-Р)} / =$ $= / \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} / = \underline{\hspace{1cm}}$			
<p>6 Относительная разность средних значений давления начала впрыскивания, % - по формуле (33)</p>	$\delta \bar{P}_{(СТ-КИ)} = 100 \cdot \Delta \bar{P}_{(СТ-КИ)} / \bar{P}_{(СТ)} =$ $= 100 \cdot \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\delta \bar{P}_{(СТ-ТАД-П)} = 100 \cdot \Delta \bar{P}_{(СТ-ТАД-П)} / \bar{P}_{(СТ)} =$ $= 100 \cdot \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\delta \bar{P}_{(СТ-ТАД-Р)} = 100 \cdot \Delta \bar{P}_{(СТ-ТАД-Р)} / \bar{P}_{(СТ)} =$ $= 100 \cdot \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\delta \bar{P}_{(КИ-ТАД-П)} = 100 \cdot \Delta \bar{P}_{(КИ-ТАД-П)} / \bar{P}_{(КИ)} =$ $= 100 \cdot \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\delta \bar{P}_{(КИ-ТАД-Р)} = 100 \cdot \Delta \bar{P}_{(КИ-ТАД-Р)} / \bar{P}_{(КИ)} =$ $= 100 \cdot \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$			
<p>7 Среднее по форсункам время падения давления в интервале от 150 до 100 кгс/см² \bar{T}_P, с</p>	$\bar{T}_{(СТ)}$ <hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/>	$\bar{T}_{(КИ)}$ <hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/>	$\bar{T}_{(ТАД-П)}$ <hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/>	$\bar{T}_{(ТАД-Р)}$ <hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/>

1	2	3	4	5
<p>8 Абсолютная разность средних значений времени падения давления $\Delta \bar{T}_{(i-j)}$, с – по формуле (34)</p>	$\Delta \bar{T}_{(СТ-КИ)} = / \bar{T}_{(СТ)} - \bar{T}_{(КИ)} / =$ $= / \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} / = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\Delta \bar{T}_{(СТ-ТАД-П)} = / \bar{T}_{(СТ)} - \bar{T}_{(ТАД-П)} / =$ $= / \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} / = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\Delta \bar{T}_{(СТ-ТАД-Р)} = / \bar{T}_{(СТ)} - \bar{T}_{(ТАД-Р)} / =$ $= / \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} / = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\Delta \bar{T}_{(КИ-ТАД-П)} = / \bar{T}_{(КИ)} - \bar{T}_{(ТАД-П)} / =$ $= / \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} / = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\Delta \bar{T}_{(КИ-ТАД-Р)} = / \bar{T}_{(КИ)} - \bar{T}_{(ТАД-Р)} / =$ $= / \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} / = \underline{\hspace{1cm}}$			
<p>9 Относительная разность средних значений давления начала впрыскивания $\delta \bar{T}_{(i-j)}$, % - по формуле (35)</p>	$\delta \bar{T}_{(СТ-КИ)} = 100 \cdot \Delta_{(СТ-КИ)} / \bar{T}_{(СТ)} =$ $= 100 \cdot \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\delta \bar{T}_{(СТ-ТАД-П)} = 100 \cdot \Delta_{(СТ-ТАД-П)} / \bar{T}_{(СТ)} =$ $= 100 \cdot \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\delta \bar{T}_{(СТ-ТАД-Р)} = 100 \cdot \Delta_{(СТ-ТАД-Р)} / \bar{T}_{(СТ)} =$ $= 100 \cdot \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\delta \bar{T}_{(КИ-ТАД-П)} = 100 \cdot \Delta_{(КИ-ТАД-П)} / \bar{T}_{(КИ)} =$ $= 100 \cdot \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$ $\delta \bar{T}_{(КИ-ТАД-Р)} = 100 \cdot \Delta_{(КИ-ТАД-Р)} / \bar{T}_{(КИ)} =$ $= 100 \cdot \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$			
<p>10 Число форсунок N_H, по которым признак «качество распыла топлива» не подтвержден на эталонном приборе (стенде)</p>	-	$N_H(КИ)$ <hr/>	$N_H(ТАД-П)$ <hr/>	$N_H(ТАД-Р)$ <hr/>

1	2	3	4	5
11 Вероятность ошибки $P_{O(i-j)}$ определения качества распыла топлива – по формуле (36)	-	$\frac{\quad}{\quad} =$ $= \quad$	$\frac{\quad}{\quad} =$ $= \quad$	$\frac{\quad}{\quad} =$ $= \quad$
12 Заключение о техническом состоянии форсунок: первая, вторая, третья, четвертая	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____
Выводы	_____ _____			
<p><i>Примечание</i> – Для сокращения времени и энергозатрат на выполнение работы в учебных целях допускается диагностирование лишь нескольких форсунок, но не менее, чем двух. При этом полученной информации достаточно для оформления всех пунктов данной таблицы. В производственных условиях диагностируют все форсунки.</p>				

Работа № 8

ТЯГОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ ПРИ ТРОГАНИИ С МЕСТА ПОД НАГРУЗКОЙ

Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности

Цель работы: изучить метод определения мощностных показателей тракторов при трогании с места под нагрузкой.

Содержание задания и порядок его выполнения:

- изучить указания мер безопасности при проведении лабораторной работы.
- ознакомиться с назначением и математическим описанием метода определения мощностных показателей тракторов при трогании с места под нагрузкой.
- изучить устройство и принцип действия тормозного стенда СТ-100 и динамометра ДОР-3-100И.
- изучить порядок испытаний тракторов.
- измерить силу тяги трактора.
- вычислить тяговую мощность трактора и эффективную мощность двигателя.
- найти отклонения эффективной мощности от допускаемых значений и сделать вывод по результатам проведенных испытаний.

Оборудование рабочего места:

- трактор МТЗ-80/82, ДТ-75М;
- стенд тормозной СТ-100;
- комплект инструментов.

План отчета:

1. Описать методику тяговых испытаний тракторов.
2. Дать описание тормозного стенда и динамометра.
3. Изложить порядок испытания тракторов.
4. Привести в соответствии с примером результаты вычислений мощности трактора и эффективной мощности двигателя и найти отклонения вычисленных показателей.
5. Сделать выводы по результатам проведенных испытаний.

Контрольные вопросы:

1. В чём заключается тяговый метод испытания тракторов при трогании

с места под нагрузкой?

2. Какова физическая сущность метода тяговых испытаний тракторов при трогании с места под нагрузкой?

3. Чем этот метод отличается от тяговых испытаний машин в движении?

4. Что следует понимать под мощностью мобильного энергетического средства?

5. Что включает в себя подготовка трактора и тормозного стенда к тяговым испытаниям?

6. Какие меры безопасности следует соблюдать в процессе испытаний?

7. Какие операции необходимо выполнить при испытании трактора при трогании с места под нагрузкой?

8. Какие параметры процесса испытаний влияют на тяговую мощность трактора и эффективную мощность его двигателя?

9. Что является критерием выбора передачи, на которой следует проводить тяговые испытания трактора, и почему?

10. Каковы допускаемые отклонения эффективной мощности двигателя от её номинального значения?

Правила техники безопасности, необходимые для выполнения лабораторной работы:

- к работе допускаются лица, ознакомленные с настоящими методическими указаниями.

- тяговые испытания машин проводятся только в присутствии лаборанта или преподавателя.

- перед началом работы провести осмотр оборудования. Тормозной стенд СТЭ-100 и динамометр ДОР-3-100И должны быть комплектными и исправными.

- при подготовке к испытанию трактор должен быть надежно соединен посредством его механизма навески с проушиной динамометра, а динамометр – с муфтой стенда.

- для обеспечения безопасности в зоне испытаний не должны присутствовать посторонние лица. Экспериментатор, ведущий визуальное наблюдение за перемещением проверяемого объекта (трактора), должен находиться слева или справа от этого объекта – на расстоянии не ближе 2 м.

- под колеса трактора нужно устанавливать только специальные противооткатные упоры (ходоограничители).

Материалы для изучения и порядок выполнения работы

1 Общие сведения

Мощность и расход топлива - основные топливно-экономические показателями и обобщенные параметры технического состояния двигателя и трактора в целом. От их значений напрямую зависят производительность,

экономичность и экологическая безопасность машинно-тракторных агрегатов, а также оценка необходимости выполнения работ по восстановлению работоспособности составных частей двигателя и трактора.

Поэтому определение топливно-экономических показателей является важной диагностической операцией. При эксплуатации допускается снижение эффективной мощности двигателя не более чем на 5%, а повышение мощности и часового расхода топлива не более чем на 7% по сравнению с номинальными значениями.

Однако проверками установлено, что эффективная мощность двигателей сельскохозяйственных мобильных машин в условиях эксплуатации ниже номинальной на 10...20%, а в отдельных случаях – на 30%. Это особенно характерно для энергонасыщенных тракторов. Расход топлива завышен на 5...15%. В результате снижается производительность машин, ухудшаются экономические и экологические показатели их использования. Вместе с тем известно, что при систематическом контроле и восстановлении работоспособности в случае снижения мощности за допускаемые пределы производительность тракторных агрегатов повышается на 8...10%, а погектарный расход топлива снижается на 12...15%

2 Описание метода

Покажем математическое описание мощностных показателей: тяговой мощности трактора и эффективной мощности его двигателя на основе тяговой характеристики трактора (рис. 32).

Пусть при испытании исправного трактора в режиме трогания с места под нагрузкой получена соответствующая эталонная зависимость тяговой мощности от силы тяги - $N_T = f(P_T)$. При этом график мощности представлен кривой линией OAB, где OA - регуляторная ветвь, AB - корректорная ветвь. Впишем в график мощности треугольник OAB таким образом, чтобы точка O совпала с началом координат, точка A соответствовала номинальному значению силы тяги $P_{ТН}$ и номинальной тяговой мощности $N_{ТН}$, а точка B - максимальной силе тяги $P_{Тmax(H)}$. Из точек A и B опустим перпендикуляры на ось абсцисс: $AP_{ТН}$ и $BP_{Тmax(H)}$. Пусть также, спустя некоторое время, трактор оказался неисправным - его тяговая мощность не соответствует установленному допуску на ее снижение. При его испытании в том же режиме (в идентичных условиях) получена другая зависимость $N_T = f(P_T)$ - линия OA₁B₁. Впишем в этот график аналогичным образом треугольник OA₁B₁ и получим точки A₁ и B₁, из которых также опустим перпендикуляры на ось абсцисс: $A_1P_{ТН(II)}$ и $B_1P_{Тmax(II)}$, где $P_{ТН(II)}$ и $P_{Тmax(II)}$ - номинальное и максимальное значение силы тяги, измеренное при испытании.

Из подобия треугольников OAB и OA₁B₁ имеем (рис. 32):

$$\frac{P_{Tmax(H)}}{P_{TH}} = \frac{P_{Tmax(I)}}{P_{TH(I)}} = \gamma_T, \quad (37)$$

$$tg\alpha = \frac{N_{TH}}{P_{TH}} = \text{const}, \quad (38)$$

где γ_T - коэффициент, показывающий отношение максимальной силы тяги к номинальной; α - угол наклона условной прямой OA регуляторной ветви тяговой характеристики к оси абсцисс. По физическому смыслу γ_T наиболее близок к известному коэффициенту приспособляемости двигателя K_D -

$$\gamma_T = K_D = \frac{M_{emax}}{M_{en}}, \quad (39)$$

где M_{emax} , M_{en} - максимальный и номинальный крутящий момент двигателя.

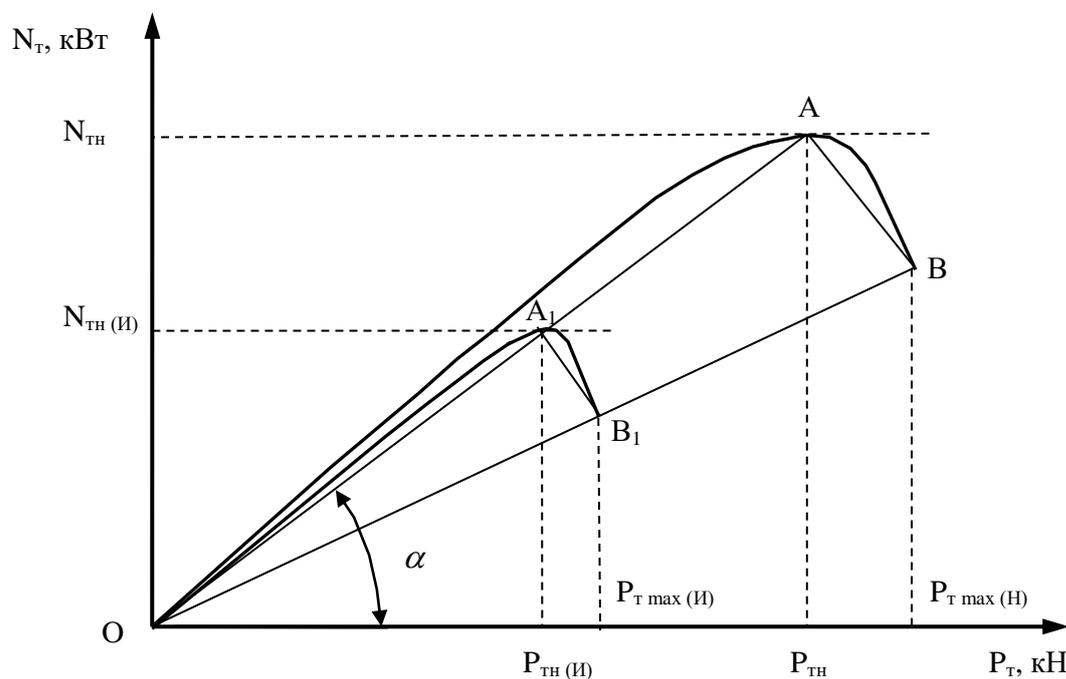


Рисунок 32 – Графическая иллюстрация определения тяговой мощности трактора на основе его тяговой характеристики (обозначения в тексте)

Для промежуточного значения тяговой мощности N_T (в интервале от 0 до N_{TH}) из уравнений (37) и (38) получим

$$P_T = \frac{P_{Tmax}}{\gamma_T}, \quad (40)$$

$$N_T = P_T tg\alpha, \quad (41)$$

где P_T - промежуточное значение силы тяги, соответствующее N_T .

При вычислении $tg\alpha$ (38) значения N_{TH} и P_{TH} могут быть найдены по известным из теории трактора формулам:

$$N_{TH} = N_{eH} \eta_M, \quad (42)$$

$$P_{TH} = \frac{M_{eH} i_T \eta_M}{r_K}, \quad (43)$$

где N_{eH} - номинальная эффективная мощность двигателя; η_M - механический КПД трансмиссии; i_T - передаточное число трансмиссии; r_K - радиус качения ведущих колес.

Теперь подставим найденные значения N_{TH} (42) и P_{TH} (43) в (38); полученное выражение, а также P_T (40) при $P_{Tmax} = P_{Tmax(H)}$ и с учетом γ_T (39) – в (41). После упрощений искомое значение тяговой мощности трактора $N_{TH(H)}$ при его нагружении максимальной силой тяги $P_{Tmax(H)}$ примет вид:

$$N_{TH(H)} = \frac{P_{Tmax(H)} N_{eH} r_K}{M_{emax} i_T} \quad (44)$$

при $P_{Tmax(H)} > 0$; $N_{eH} > 0$; $r_K > 0$; $M_{emax} > 0$; $i_T > 0$.

Разделив обе части уравнения (44) на η_M , соответственно получим номинальную эффективную мощность $N_{eH(H)}$ двигателя:

$$N_{eH(H)} = \frac{P_{Tmax(H)} N_{eH} r_K}{M_{emax} i_T \eta_M} \quad (45)$$

или

$$N_{eH(H)} = \frac{N_{TH(H)}}{\eta_M} \quad (46)$$

при $P_{Tmax(H)} > 0$; $N_{eH} > 0$; $r_K > 0$; $M_{emax} > 0$; $i_T > 0$; $1 > \eta_M > 0$; $N_{TH(H)} > 0$.

В результате на основе тяговой характеристики найдены математические описания тяговой мощности трактора (44) и эффективной мощности двигателя (45) при его нагружении максимальной силой тяги. При этом необходимо иметь в виду, что тяговые испытания по данному методу должны проводиться без буксования. Такой процесс испытаний может быть реализован преимущественно на высших передачах.

Следует отметить, что в формулах (44) и (45) параметр $P_{Tmax(H)}$ является переменной величиной (ее получают при испытаниях); N_{eH} , r_K , M_{emax} , i_T , η_M - постоянные (паспортные) величины (для примера они приведены в табл. 22 по тракторам МТЗ-80/82 и ДТ-75М).

Физическая сущность процесса тяговых испытаний: мощность трактора в процессе испытаний идет на создание потенциальной энергии, энергии взаимодействия трактора и тормозного устройства, то есть мощность трактора и его двигателя преобразуется в силу тяги P_T .

С другой стороны, мощность – это работа, выполненная в единицу времени (скорость совершения работы) –

$$N = \frac{dA}{dT}. \quad (47)$$

Пусть тормозное устройство (стенд для тяговых испытаний) представляет собой упругодеформированное тело (пружину). Тогда сила тяги трактора P_T равна силе упругости $F_{x,упр}$ (проекция силы упругости на ось x), которая пропорциональна деформации:

Таблица 22 – Данные для вычисления $N_{тн(и)}$ и $N_{ен(и)}$ тракторов
МТЗ-80/82 и ДТ-75М

Параметры	Обозначение	Значения по тракторам:	
		МТЗ-80/82	ДТ-75М
1. Номинальная эффективная мощность двигателя, кВт	$N_{ен}$	58,9	66,2
2. Максимальный крутящий момент двигателя, кН·м	M_{max}	0,298	0,422
3. Передаточное число трансмиссии	i_T	18,1 (передача IX)	19,5 (передача VII)
4. Радиус качения ведущих колес или ведущей звездочки, м	r_k	0,788	0,326
5. Механический КПД трансмиссии при трогании с места	η_M	0,96	0,96

$$F_{x_{упр}} = -kx, \quad (48)$$

где k - коэффициент упругости (для пружины – жесткость); знак минус указывает на то, что $F_{x_{упр}}$ направлена в сторону, противоположную деформации x .

По третьему закону Ньютона, деформирующая сила равна по модулю силе упругости и противоположно ей направлена, то есть

$$P_T = -F_{x_{упр}} = kx. \quad (49)$$

Элементарная работа dA , совершаемая силой P_T при бесконечно малой деформации dx (рис. 33), равна

$$dA = F_x dx = kx dx, \quad (50)$$

а полная работа

$$A = \int_0^x kx dx = \frac{kx^2}{2} \quad (51)$$

идет на увеличение потенциальной энергии тормозного устройства (пружины).

Таким образом, потенциальная энергия упругодеформированного тела примет вид:

$$\Pi = \frac{kx^2}{2}. \quad (52)$$

Полная механическая энергия E системы – энергия механического движения T и взаимодействия Π :

$$E = T + \Pi, \quad (53)$$

то есть она равна сумме кинетической и потенциальной энергий.

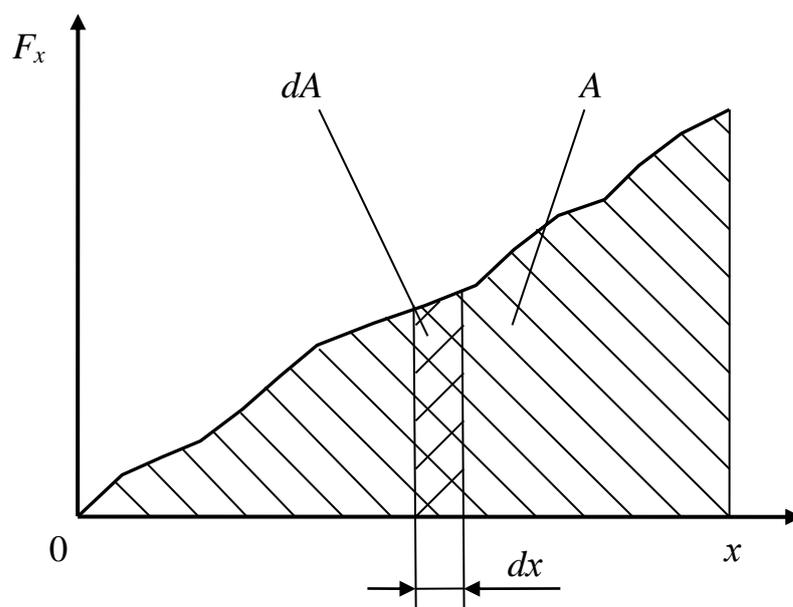


Рисунок 33 – Элементарная dA и полная A работа трактора при нагружении тягового устройства

3 Описание тормозного стенда и динамометра

Стенд тормозной СТ-100 (рис. 34) предназначен для тяговых испытаний колесных и гусеничных тракторов тягового класса до 10 т при трогании с места под нагрузкой. Он рассчитан на поперечную нагрузку 100 кН и выполнен по патенту России на изобретение № 2411485.

Стенд состоит из вертикальной опоры 7 с присоединительным устройством в виде винта 8 с муфтой 11 и динамометра модели ДОР-3-100И (показан на рис. 35), включающего в себя силовое звено (силовой блок с тензометрическим датчиком) 6 и электронный блок 9, соединенные кабелем 5. Силовое звено 6 имеет две проушины, одна из которых предназначена для его присоединения к муфте 11, а другая - к механизму навески 3 трактора 1. Муфта 11 выполнена с прорезью под проушину силового звена 6 и с отверстием под шкворень 10.

Опора 7 стенда сформирована из двух жестко соединенных между собой частей: вверху, над поверхностью площадки, имеет П-образную конструкцию; внизу, размещенную в грунте и залитую бетоном, – Z-образную конструкцию. П-образная часть – это две вертикальные стойки из швеллера, соединенные между собой горизонтальными и наклонными поперечинами из уголка. В стойках выполнены отверстия с возможностью установки в них присоединительного устройства - винта 8 с муфтой 11, причем на разную высоту относительно поверхности площадки. Площадка, прилегающая к стенду, асфальтирована. В состав стенда входят ограничители хода 2 испытываемой машины, которые размещены перед стендом симметрично относительно продольной оси стенда и на ширину друг от друга, равную колеи испытываемого трактора 1.

Опора 7 стенда сформирована из двух жестко соединенных между собой частей: вверху, над поверхностью площадки, имеет П-образную конструкцию; внизу, размещенную в грунте и залитую бетоном, – Z-образную конструкцию. П-образная часть – это две вертикальные стойки из швеллера, соединенные между собой горизонтальными и наклонными поперечинами из уголка. В стойках выполнены отверстия с возможностью установки в них присоединительного устройства - винта 8 с муфтой 11, причем на разную высоту относительно поверхности площадки.

Площадка, прилегающая к стенду, асфальтирована. В состав стенда входят ограничители хода 2 испытываемой машины, которые размещены перед стендом симметрично относительно продольной оси стенда и на ширину друг от друга, равную колеи испытываемого трактора 1.

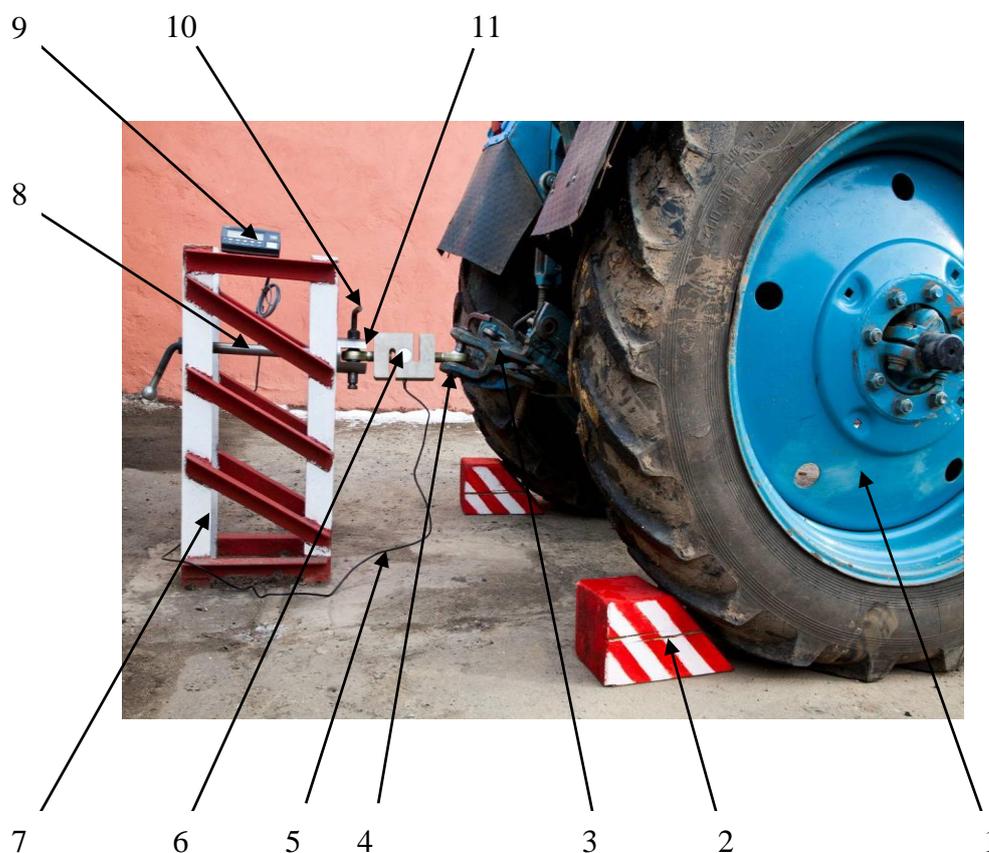


Рисунок 34– Стенд тормозной СТ-100 с присоединенным к нему трактором МТЗ-80: 1 – трактор; 2 – ходоограничители; 3 – механизм навески трактора; 4, 10 – шкворни механизма навески и стенда; 5 – кабель; 6 – силовое звено динамометра; 7 – опора стенда; 8 – винт; 9 – электронный блок динамометра; 11 – муфта присоединительная

Динамометр ДОР-3-100И (рис. 35) включает в себя: 1 – силовой блок с тензометрическим датчиком и проушинами; 2 – кабель соединительный; 3 – кабель «СОМ-Порт» для подключения к ПК; 4 – электронный блок с цифровым табло.



Рисунок 35 – Динамометр ДОР-3-100И: 1 – силовой блок с тензометрическим датчиком и проушинами; 2 – кабель соединительный; 3 – кабель «СОМ-Порт» для подключения к ПК; 4 – электронный блок с цифровым табло

4 Порядок испытаний

1. Установить трактор 1 на площадку стенда так, чтобы его продольная ось совпадала с продольной осью стенда, проходящей через отверстия в стойках опоры 7 (рис. 34). При этом ориентируются на ограничители 2 хода испытываемой машины, входящие в состав стенда. В завершение операции включить стояночный тормоз.

2. Привести механизм навески 3 трактора 1 в положение, обеспечивающее горизонтальное расположение продольных тяг механизма, и остановить двигатель.

3. Установить присоединительное устройство (винт 8 с муфтой 11) в отверстия опоры 7 стенда таким образом, чтобы горизонтальная осевая линия винта 8 совпадала с горизонтальной осью симметрии проушины механизма навески. Это осуществляют подбором отверстий, выполненных в стенде, по высоте.

4. Присоединить силовое звено 6 динамометра одной проушиной к муфте 11, а другой - к механизму навески. После чего зафиксировать проушины силового звена 6 шкворнями 4 и 10.

5. Включить электронный блок 9 (рис. 34) путем нажатия на клавишу, предназначенную для включения и выключения (рис. 36).

6. Нажатием на кнопку «0» (рис. 36) установить 0 на цифровом табло электронного блока динамометра 9 (рис. 34).

7. Обеспечить безопасность испытаний, убедившись в отсутствии посторонних лиц в направлении предполагаемого движения трактора.

8. Пустить двигатель.



Рисунок 36 – Электронный блок динамометра ДОР-3-100И:

1 – кнопка включения / выключения; 2 – кнопка «0»; 3 – кнопка «f»

9. Отключить муфту сцепления: нажать на педаль сцепления до ее упора в пол кабины.

10. Включить высшую передачу.

11. Выключить стояночный тормоз.

12. Нажать педаль акселератора до полной подачи топлива.

13. Плавно отпустить педаль муфты сцепления (включить муфту сцепления) и трогаться с места без буксования. Завершить испытания (трогание с места) – при обнаружении неустойчивой работы двигателя или при остановке двигателя.

14. Нажатием на кнопку «f» (рис. 36) зафиксировать показания на цифровом табло электронного блока динамометра 9 (рис. 3).

15. Повторить дважды операции 6, 7, (операцию 8 выполняют при условии, если двигатель заглох при испытании), 9, 10, 12, 13, 14.

16. Выключить муфту сцепления и передачу трактора. Остановить двигатель, отключив подачу топлива. Включить стояночный тормоз.

17. Отсоединить трактор 1 от силового звена 6 динамометра: извлечь из прицепного устройства механизма 3 навески шкворень 4, отвести в сторону силовое звено 6 и установить шкворень 4 в исходное положение (рис. 34).

18. Пустить двигатель, выключить стояночный тормоз и своим ходом снять трактор с площадки стенда.

19. Вычислить среднее значение максимальной силы тяги $P_{Tmax(I)}$ (в кН) с точностью до сотого значения. Зная $P_{Tmax(I)}$, по формулам (44) и (45) вычислить номинальную тяговую мощность трактора $N_{T(I)}$ и номинальную эффективную мощность его двигателя $N_{e(I)}$. При этом другие необходимые данные принять по табл. 22.

20. Найти абсолютное и относительное отклонение $N_{e(I)}$ от N_{eH} .

21. Относительное отклонение эффективной мощности двигателя сопоставить с его допусковым значением и сделать заключение о его техническом состоянии.

Пример расчёта. Пусть по результатам трех испытаний трактора МТЗ-80 на девятой передаче получены следующие значения максимальной силы тяги $P_{Tmax(I)}$: 5,72, 5,91 и 5,65 кН. Другие (постоянные) значения параметров N_{eH} , M_{emax} , i_T , r_K , η_M , необходимые для вычисления мощности, известны из табл. 1. Требуется вычислить тяговую мощность трактора и эффективную мощность его двигателя, а также определить абсолютное и относительное отклонение эффективной мощности двигателя от ее номинального значения.

Порядок вычислений.

1. Среднее значение максимальной силы тяги $\bar{P}_{Tmax(I)}$:

$$\bar{P}_{Tmax(I)} = \frac{P_{Tmax(I)1} + P_{Tmax(I)2} + P_{Tmax(I)3}}{3} = \frac{5,72 + 5,91 + 5,65}{3} = 5,76 \text{ кН.}$$

2. Номинальная тяговая мощность трактора $N_{T(I)}$ по формуле (44) для девятой передачи:

$$N_{T(I)} = \frac{\bar{P}_{Tmax(I)} N_{eH} r_K}{M_{emax} i_{T(I)}} = \frac{5,76 \cdot 58,9 \cdot 0,788}{0,298 \cdot 18,1} = 49,56 \text{ кВт.}$$

3. Номинальная эффективная мощность двигателя $N_{e(I)}$ по формуле (45) для этой же передачи:

$$N_{e(I)} = \frac{\bar{P}_{Tmax(I)} N_{eH} r_K}{M_{emax} i_{T(I)} \eta_M} = \frac{5,76 \cdot 58,9 \cdot 0,788}{0,298 \cdot 18,1 \cdot 0,96} = 51,62 \text{ кВт}$$

или по формуле (10)

$$N_{e(I)} = \frac{N_{T(I)}}{\eta_M} = \frac{49,56}{0,96} = 51,62 \text{ кВт.}$$

4. Определить абсолютное отклонение эффективной мощности:

$$\Delta N = N_{eH} - N_{e(I)} = 58,9 - 51,62 = 7,28 \text{ кВт.}$$

5. Относительное отклонение составит:

$$\delta = \frac{\Delta N}{N_{eH}} \cdot 100\% = \frac{7,28}{58,9} \cdot 100\% = 12,4 \%$$

Заключение. Найденное отклонение эффективной мощности двигателя (12,4%) превышает допусковое отклонение на ее снижение (5%) на 7,4%, что недопустимо. Такой двигатель следует считать неисправным и его техническое состояние необходимо привести в соответствие эксплуатационным требованиям.

Работа № 9

ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности

Цель работы: освоить методику и приобрести практические навыки поиска неисправностей автотракторных двигателей.

Содержание задания и порядок его выполнения:

- изучить виды технического состояния двигателя как объекта диагностирования и события, заключающиеся в нарушении исправного состояния объекта;
- ознакомиться с основными неисправностями двигателя и симптомами их проявления;
- изучить основные методы поиска и устранения неисправностей двигателя;
- определить причины и устранить неисправности, если:
 - а) двигатель не запускается;
 - б) при запуске двигатель дает отдельные вспышки или работает с перебоями;
 - в) из выхлопной трубы идет белый дым.

Примечание – Дополнительные материалы для изучения изложены в Приложениях 1, 2, 6, 7 и 8.

Оборудование рабочего места:

- любой автомобиль или трактор с дизельным двигателем;
- комплект приборов К.ТАД-03А либо приборы: ТАД-01НД, ТАД-01А, ТАД-02А, компрессометр типа «BEST» для дизельных двигателей;
- дымомер «Мета-01МП» (СМОГ-1М-01);
- любой настольный стенд для проверки и регулировки форсунок, например КИ-562А, КИ-3333 или М-106Э;
- автостетоскоп с наушниками;
- необходимый инструмент, обтирочная ветошь.

План отчета:

1 Составить блок-схему и описать методику поиска неисправностей, указанных в задании.

2 Объяснить причины возникновения найденных неисправностей и дать рекомендации по их предупреждению.

3 Проанализировать результаты поиска неисправностей двигателя с указанием и обоснованием наиболее рациональной последовательности их выявления.

4 Заполнить контрольно-диагностическую карту по форме 9 в соответствии с полученными данными.

Контрольные вопросы:

- 1 Неисправность, повреждение и отказ объекта: каково их отличие?
- 2 Какой процесс следует понимать под поиском неисправности объекта?
- 3 Что представляет собой процесс восстановления работоспособности (исправности) объекта?
- 4 Что представляет собой двигатель как объект диагностирования?
- 5 Какие неисправности влияют на рабочий процесс двигателя?
- 6 Назовите причины прорыва газов в картер.
- 7 В каких случаях поршневые кольца не «сдерживают» процесс поступления масла в камеры сгорания?
- 8 Что является причинами понижения и повышения давления масла в главной масляной магистрали двигателя?
- 9 Как влияет система очистки воздуха на рабочий процесс двигателя?
- 10 Какие нарушения нормального рабочего процесса двигателя вызывают неисправности топливной аппаратуры?
- 11 Как изменяется состояние смазочной системы и масла в процессе эксплуатации двигателя?
- 12 Какой метод поиска неисправностей и в каких случаях наиболее предпочтительный?
- 13 Назовите критерии выбора оптимальной (наивыгоднейшей) последовательности поиска неисправностей двигателя.
- 14 В чем сложности своевременного предупреждения неисправностей?
- 15 Перечислите неисправности, характеризующие трудный пуск дизеля. Изложите методику их поиска.
- 16 Назовите причины неустойчивой работы дизеля?
- 17 Основные неисправности двигателя при рядовой эксплуатации и методы их устранения.

Правила техники безопасности, необходимые для выполнения лабораторной работы:

- все монтажно-демонтажные работы и устранение негерметичности соединений приборов следует выполнять только при неработающем двигателе и с использованием исправного инструмента;
- перед работой провести внешний осмотр приборов и их составных частей, убедиться в отсутствии повреждений приборов и в их исправности;
- перед началом испытаний следует проверять надежность соединения приборов со штуцерами ТНВД и форсунок; негерметичность соединений (подтекание топлива) не допускается;
- свободные концы сливных рукавов приборов типа «ТАД» должны быть герметично присоединены к трубке отвода топлива в бак или в насос, либо направлены в накопительную емкость;

- рычаг коробки передач (КП) должен быть в нейтральном положении, а машина заторможена стояночным тормозом;
- пускать и останавливать как пусковой двигатель или стартер, так и дизель должен лаборант по сигналу преподавателя с соблюдением необходимых мер предосторожности;
- при использовании приборов по назначению (при выполнении работы) следует соблюдать эксплуатационные ограничения, указанные в их руко-водствах по эксплуатации.

Материалы для изучения и порядок выполнения работы

1 Поиск неисправностей как процесс определения состояния объекта диагностирования

Для наиболее полного представления объекта, цели и задач диагностирования необходимо помнить основные понятия, касающиеся надежности.

Исправное состояние (исправность) – состояние объекта (например, двигателя, его системы или составной части), при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Неисправное состояние (неисправность) – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Работоспособное состояние (работоспособность) – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Неработоспособное состояние (неработоспособность) – состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Переход объекта из исправного в неисправное, но работоспособное состояние называют *повреждением*. *Повреждение* – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

Переход объекта из исправного, неисправного, но работоспособного в неработоспособное состояние называют *отказом*. *Отказ* – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния без сохранения работоспособности.

Таким образом, *неисправность (или исправность), работоспособность (или неработоспособность)* – состояние объекта, *повреждение и отказ* – это события, заключающиеся в переходе объекта из одного состояния в другое. Отсюда, *поиск неисправностей* – это процесс определения

состояния объекта.

Неисправности определяют с целью их устранения. Переход объекта из неработоспособного в работоспособное или из неисправного в исправное состояние называется *восстановлением*. Следовательно, *устранение неисправности – это процесс восстановления работоспособности (исправности) объекта.*

2 Анализ неисправностей систем и механизмов двигателя

Неисправности и отказы принято классифицировать применительно к системам и механизмам двигателя. Например, цилиндропоршневая группа, кривошипно-шатунный механизм, газораспределительный механизм, система очистки и подачи воздуха, топлива и т. д. Обычно соответственно такой классификации выбирается и методика поиска неисправностей. В связи с этим далее приведены сведения о возможных неисправностях составных частей дизеля и его систем (кроме системы пуска, неисправности которой изложены в Работе 1).

Цилиндропоршневая группа. Ее детали работают в наиболее тяжелых условиях. Они же выполняют наиболее ответственные функции в рабочем процессе двигателя. Так, поршневые кольца и гильзы должны создавать достаточно герметичное рабочее пространство цилиндра, интенсивно отводить тепло от поршней в систему охлаждения, маслосъемные кольца – обеспечивать образование равномерной масляной пленки на трущихся поверхностях и не допускать попадания масла в камеры сгорания.

По мере изнашивания гильз, канавок поршней и колец, а также при постепенной потере упругости колец, их закоксовывании или поломке герметичность рабочего объема цилиндра становится недостаточной. Это приводит к утечке воздуха через зазоры при его сжатии, уменьшению давления и температуры сжатого воздуха, следствием чего являются затрудненный пуск (топливо не самовоспламеняется) и перебои в работе. При сгорании топливо-воздушной смеси газы под большим давлением прорываются в картер, откуда выходят в атмосферу через сапун. Прорыв газов в картер на повышенных скоростных режимах резко увеличивается.

Указанная закономерность связана с нарушениями в работе колец. Они обусловлены тем, что кольца при большом износе и повышенных скоростных режимах в моменты максимального давления газов в камере сгорания могут отходить от стенки цилиндра. Это происходит из-за резкого падения давления в пространстве между внутренней поверхностью кольца и поршнем, вызванного прижатием кольца к верхней стенке поршневой канавки и прекращением подачи газов в это пространство. Образовавшиеся при этом сравнительно большие радиальные зазоры между цилиндром и кольцами вызывают повышенный прорыв газов в картер, что влечет за собой усиленное старение картерного масла.

С износом компрессионных и маслосъемных колец, потерей их упругости увеличивается количество масла, проникающего в надпоршневое

пространство. Оно сгорает там под действием высокой температуры. При работе двигателя под нагрузкой расход масла на угар возрастает. Сгорание масла изменяет цвет отработавших газов. Они приобретают синеватый цвет.

Потерю работоспособности цилиндропоршневой группы, как правило, устанавливают по косвенным диагностическим параметрам. К ним относятся: недопустимая длительность пуска (при исправных системе питания и механизма газораспределения), повышенный угар масла (допускаемый уровень устанавливается в процентах от израсходованного топлива) и слабая компрессия.

Кривошипно-шатунный механизм и его детали работают в условиях больших знакопеременных нагрузок. Основным параметром, влияющим на работоспособность сопряжений коленчатого вала с шатунными и коренными вкладышами, - радиальный зазор. С увеличением зазора нарушаются условия жидкостного трения, возрастают динамические нагрузки, постепенно приобретающие ударный характер. Давление масла в магистрали двигателя понижается, так как облегчается его протекание через увеличенные зазоры подшипников коленчатого вала. Это ухудшает смазку гильз цилиндров, поршней и колец.

Внешние признаки увеличения зазоров: понижение давления масла (при исправной смазочной системе), а также стуки, прослушиваемые на определенных режимах.

Газораспределительный механизм. В процессе эксплуатации двигателя изнашиваются все трущиеся пары механизма газораспределения. Вследствие износа рабочих фасок клапанов и гнезд головки цилиндров, недопустимого уменьшения теплового зазора между стержнями клапанов и бойками коромысел нарушается плотность прилегания клапанов к гнездам. В результате снижается компрессия, а при протекании через неплотности газов из камеры сгорания фаски клапанов быстро обгорают. По мере изнашивания шестерен распределения, подшипников и кулачков распределительного вала, отклонения величин тепловых зазоров между клапаном и коромыслом от номинальных значений нарушаются фазы газораспределения и рабочий процесс двигателя. Ряд признаков, наблюдаемых в работе двигателя при указанных неисправностях (трудный пуск, перебои в работе, пониженная мощность и др.), позволяют обнаруживать неисправности механизма газораспределения. Однако все они являются многопричинными внешними признаками. Собственных, однозначно и ярко выраженных отличительных внешних признаков газораспределительный механизм не имеет.

Система очистки и подачи воздуха в цилиндры также оказывает большое влияние как на рабочий процесс, так и на интенсивность изнашивания деталей двигателя. С увеличением наработки изменяются рабочие характеристики воздухоочистителя – коэффициент пропуска абразивных частиц различного размера, сопротивление. Причины этого изменения – накопление пыли, изменение свойств фильтрующих элементов, изменение уровня и свойств масла в поддоне. Увеличение сопротивления

вызывает рост разрежения во впускном коллекторе, что повышает опасность подсоса неочищенного воздуха через неплотности воздушного тракта, снижает степень наполнения цилиндров воздухом и, следовательно, мощность и экономичность двигателя.

Неисправности данной системы не имеют собственных качественных признаков. Однако их последствия могут быть очень серьезными: при подсосе неочищенного воздуха ресурс дизеля снижается в несколько раз. По указанным причинам проверка сопротивления воздухоочистителя и герметичности воздушного тракта обязательна при диагностировании двигателя.

Топливная аппаратура. Большое число возможных нарушений нормального рабочего процесса двигателя связано с неисправностями топливной аппаратуры и ее разрегулировкой. Все признаки нарушения рабочего процесса двигателя (трудный запуск, перебои в работе, дымление, понижение мощности и экономичности) могут быть следствием неисправностей топливной аппаратуры.

Износ прецизионных пар топливного насоса влияет на цикловую подачу топлива. В изношенной плунжерной паре во время нагнетания топлива часть его протекает через зазор между плунжером и гильзой. Причем, при меньших оборотах время нагнетания больше и, следовательно, в большей степени снижается цикловая подача. Это явление ведет к трудному пуску дизеля при изношенных плунжерных парах. Износ нагнетательного клапана нарушает нормальную работу форсунки. Вследствие изнашивания разгрузочного пояса клапана возрастает остаточное давление в топливопроводе, что может при больших отклонениях затягивать впрыск (вместо резкой отсечки), а топливо может подтекать через распылитель форсунки. При этом топливо сгорает не полностью, двигатель дымит, экономичность его работы понижается, а распылители закоксовываются и теряют работоспособность.

Так как даже одноименным деталям свойственна случайная различная скорость изнашивания, то с ростом наработки двигателя увеличивается неравномерность подачи топлива секциями топливного насоса – увеличивается и разность утечек топлива через зазоры в прецизионных парах. Неравномерность подачи топлива существенно влияет на долговечность деталей двигателя. Поэтому отклонение названного параметра сверх допускаемого считают неисправностью топливного насоса, и оно контролируется при диагностировании двигателя.

Износ кулачков вала топливного насоса, толкателей, плунжеров, зубьев распределительных шестерен и других деталей ведет к постепенному отклонению угла опережения подачи топлива в сторону запаздывания. Это нарушает нормальный рабочий процесс – топливо догорает уже на линии расширения, повышается температура выпускных газов и тепловой режим двигателя. Часть топлива вообще не сгорает полностью и выбрасывается с выхлопными газами в виде черного дыма. При чрезмерном увеличении угла опережения подачи (впрыска) топлива возрастает жесткость работы

двигателя. Во всех случаях падает мощность и экономичность.

Изнашивание деталей регулятора постепенно понижает поддерживаемую им частоту вращения коленчатого вала и, как следствие, мощность и экономичность. К таким же последствиям приводят уменьшение давления начала впрыска топлива форсунками, ухудшение качества распыливания и впрыска топлива вследствие износов деталей форсунки, закоксовывания распылителя.

Во время эксплуатации иногда наблюдаются случаи заедания и заклинивания плунжерных пар. При этом рейка теряет подвижность и частота вращения коленчатого вала дизеля недопустимо растет – дизель идет «вразнос». Для предупреждения аварий в подобных случаях дизели оснащают устройствами аварийного останова, исправность которых периодически контролируют.

На сохранение работоспособности самой топливной аппаратуры большое влияние оказывает качество очистки топлива фильтрами. Оно ухудшается при засорении фильтрующих элементов, когда давление перед ними повышается, что способствует проникновению через фильтры абразивных частиц. В связи с уменьшением пропускной способности фильтров давление топлива за ними падает. Это ухудшает работу топливного насоса. Состояние фильтров, а также топливоподкачивающего насоса контролируют по перепаду давления в фильтрах с помощью диагностических средств.

Работоспособность системы питания нарушается и в случае неисправности простейших вспомогательных устройств – бака, топливопроводов и их соединений, фильтров грубой (первичной) очистки топлива и подкачивающего насоса. Бывает, что топливо плохо подается в систему из-за засорения отверстия (обычно в пробке), сообщающего бак с атмосферой. При этом по мере расхода топлива в баке создается разрежение и топливо из него не подается. Нередки случаи, когда топливо не поступает или поступает с перебоями по причине подсоса воздуха в систему питания. При этом в каналах топливных фильтров и насосов образуются воздушные пробки. Пустить дизель при этом тяжело, так как топливо к форсункам поступает с перебоями и не создается нужное давление для впрыскивания. Дизель либо не дает вспышек вообще, либо «схватывает», дает отдельные вспышки, но не пускается.

Прекращение подачи топлива к ТНВД или подача его с перебоями и в недостаточном объеме наблюдается также при засорении какого-либо топливопровода (попадание соринок, ниток, клочков обтирочных материалов при обслуживании трактора). В зимнее время причиной прекращения подачи топлива может быть образование в топливопроводах и отстойниках фильтров ледяных пробок – при заправке топлива с примесью воды.

Смазочная система дизеля выполняет следующие важнейшие функции: подает масло в необходимом объеме и при определенном давлении к трущимся поверхностям деталей – в зазоры между ними; отводит теплоту от

трущихся и нагреваемых при сгорании топлива деталей; постоянно очищает масло от продуктов изнашивания, нагаро- и смолообразования; поддерживает в заданных пределах температуру масла. Таким образом, она существенно влияет на надежность и эффективность работы двигателя. Любые факторы, предопределяющие недопустимое понижение давления масла, ухудшение его очистки, перегрев, вызывают неисправности, которые нужно своевременно обнаружить и устранить во избежание ускоренного износа или аварийного отказа дизеля.

При нормальных зазорах в подшипниках коленчатого вала давление масла может понизиться в результате уменьшения подачи масла насоса в связи с износом его деталей, разрегулировкой или нарушением герметичности клапанов, ограничивающих давление потока масла. При низком качестве масла и нарушении правил заправки причиной неисправности может быть засорение сетки маслозаборника и вызванное этим уменьшение подачи насоса.

В эксплуатации понижение давления (признак неисправности) обнаруживают по показаниям штатного манометра, а неисправную составную часть выявляют (после проверки работоспособности манометра контрольным прибором) определенными действиями на работающем дизеле и с помощью диагностических средств. Способность моторного масла протекать через зазоры определяется его вязкостью, которая, в свою очередь, зависит от сорта масла и его температуры. При исправном состоянии двигателя давление и температура масла находятся во взаимосвязи. Так, после пуска холодного дизеля из-за высокой вязкости масла давление в главной магистрали может достигать 0,8...1,0 МПа. По мере прогрева двигателя и повышения температуры масла его вязкость снижается и соответственно снижается давление. Это обусловлено снижением подачи насоса и сопротивления потоку масла по каналам и через фильтры. На давление и температуру масла также влияют износ сопряжений кривошипно-шатунного механизма, состояние системы охлаждения, тепловой и нагрузочный режимы двигателя, марка применяемого масла. При использовании моторного масла соответствующей марки, а также при исправном состоянии двигателя и нормальных режимах его работы причиной чрезмерно высокой или низкой температуры масла может быть неисправность клапана-термостата. При износе клапана-термостата или поломке пружины масло циркулирует через масляный радиатор. В результате его температура понижается, а давление повышается. К понижению давления масла в магистрали приводят: чрезмерный износ соединений кривошипно-шатунного механизма, низкая подача смазочного насоса, износ или разрегулировка сливного и перепускного клапанов. В этих случаях ухудшается фильтрация масла в центрифуге, в магистраль поступает загрязненное масло, что приводит к интенсивному изнашиванию двигателя. То же самое происходит и при чрезмерном загрязнении или неисправности фильтров.

Если перегрев масла наблюдается при включенном радиаторе, то

причиной этого являются неисправности других систем и общий перегрев дизеля.

Масляные фильтры – очень ответственная составная часть смазочной системы. В случае их неисправности к трущимся поверхностям поступает перепускаемое клапанами неочищенное масло. Масляная центрифуга выполняет функции центробежной очистки только при достаточной частоте вращения, которая зависит от герметичности ротора центрифуги и состояния сопл. При утечках масла давление в роторе понижается, что уменьшает реактивные силы вытекающих из сопл струй масла и частоту вращения ротора. Те же последствия вызывает загрязнение сопл, которое может быть следствием несвоевременной очистки ротора от отфильтрованных загрязнений. Поэтому очень важно своевременно обнаружить нарушение работы центрифуги по уменьшению времени вращения ротора после остановки дизеля.

В практике случаются отказы смазочной системы с аварийными последствиями. При разрушении деталей привода масляного насоса подача масла полностью прекращается, и если дизель немедленно не остановить, то происходит выплавление подшипников коленчатого вала.

Моторное масло и его состояние также влияет на надежность и эффективность работы двигателя. К его качеству предъявляются весьма жесткие требования. В процессе работы двигателя оно «изнашивается», стареет: окисляется, подвергается термическому разложению и теряет смазывающие качества. При окислении масла образуются смолистые вещества и твердые продукты окисления (асфальтены, карбены и карбоиды), а также повышается кислотность. Твердые и углистые продукты окисления вместе с частицами металла (продуктами износа деталей) находятся в масле в виде механических примесей. В результате этого увеличивается износ деталей двигателя. Смолистые вещества находятся в масле в растворенном состоянии, а также частично осаждаются на деталях. Лаки, образующиеся на боковых стенках поршня, склеивают частицы нагара, что приводит к пригоранию поршневых колец. Кроме того, качество масла и изменение его свойств в процессе работы могут оказать большое влияние на абразивное изнашивание деталей двигателя. Причиной быстрого старения масла и, следовательно, интенсивного износа двигателя может быть применение масла (марки), которое не рекомендовано руководством по эксплуатации.

Система охлаждения должна обеспечивать нормальную циркуляцию охлаждающей жидкости водяным насосом для отбора теплоты от деталей дизеля и достаточное охлаждение жидкости (при необходимости) в радиаторе для поддержания нормального теплового режима дизеля, который зависит от состояния радиатора, вентилятора и клапанов-термостатов.

Важное условие работоспособности всего дизеля – герметичность рубашки охлаждения как во внешних соединениях, так и в уплотнениях между внутренними полостями.

При запрошенной системе охлаждения ухудшение отбора теплоты от нагреваемых стенок блока, гильз и головок цилиндров определяется

неисправностями привода водяного насоса и его составных частей (ослабление ремня привода, срезание штифта крыльчатки насоса), а также образованием накипи на стенках рубашки охлаждения и радиатора, снижающей их теплопроводность.

При нормальной циркуляции охлаждающей жидкости (наблюдается при снятом паровоздушном клапане или пробке радиатора) перегрев дизеля в значительной мере обусловлен работой радиатора. Неисправности: несвоевременное подключение радиатора клапанами-термостатами; засорение, забивание радиатора, что препятствует потоку охлаждающего воздуха; образование накипи в трубках, резко снижающей их теплопроводность; снижение скорости воздушного потока при ослаблении ремней привода вентилятора. Медленный прогрев дизеля после пуска зависит в основном от неисправности клапанов-термостатов, преждевременно подключающих радиатор.

Герметичность системы охлаждения нарушается в различных местах, по различным причинам и с разными последствиями, вплоть до аварийных. Так, при проседании гильз, неплотности стыка головки с блоком, трещинах головки или блока, неработоспособном уплотнительном кольце гильзы вода проникает в цилиндры или картер. Обнаруживают это по изменению цвета выпуска и при отборе небольшого объема масла через сливное отверстие поддона, а также по масляным пятнам на поверхности воды в радиаторе.

Уменьшению испарения охлаждающей жидкости и, следовательно, необходимости ее доливки способствует нормальная работа паровоздушного клапана. Его состояние контролируют диагностическими методами.

3 Взаимосвязь качественных признаков нарушения работоспособности дизеля с неисправностями его систем и механизмов

Дизельный двигатель как объект диагностирования представляет собой весьма сложную систему. Изнашивание цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов существенно влияет на рабочий процесс, вызывает недопустимое увеличение зазоров в сопряжениях.

С другой стороны, разрегулировка или нарушение работоспособности агрегатов и узлов систем питания, смазки и охлаждения также обуславливает либо отказы определенных механизмов двигателя, либо недопустимые отклонения параметров рабочего процесса от номинальных значений.

При этом почти все неисправности двигателя (его составных частей) непосредственно влияют на протекание рабочего процесса – обуславливают отклонения от допускаемых пределов параметров и качественных признаков нормального функционирования. Для понимания их взаимосвязи нужно четко представлять требования, обеспечивающие нормальное протекание рабочего процесса. К ним относятся:

а) обеспечение герметичности рабочего объема цилиндра при тактах сжатия и рабочего хода, когда клапаны должны быть закрыты;

б) достаточное наполнение цилиндра воздухом, при котором на такте сжатия создается давление и температура, необходимые для самовоспламенения топлива;

в) строгое соблюдение фаз газораспределения и полного открытия и закрытия клапанов;

г) впрыскивание хорошо распыленного определенного объема топлива при строгом соблюдении угла опережения подачи топлива секцией насоса высокого давления;

д) достаточная подача смазочного материала к трущимся деталям при всех режимах работы дизеля;

е) сохранение нормального теплового состояния двигателя на всех его режимах.

При этом нарушение хотя бы одного из указанных требований порождает в большинстве случаев одинаковое внешнее проявление неисправности: затрудненный пуск, перебои в работе, дымление, пониженные мощность и экономичность. Вместе с тем, нарушение каждого отдельного требования может быть вызвано неисправностями не одной, а нескольких составных частей дизеля. При таком положении однозначная связь неисправности составной части с внешним признаком невозможна. В этом и заключается сложность задачи распознавания неисправности по внешним признакам и необходимость всестороннего понимания их взаимосвязи.

На протекающий в цилиндрах рабочий процесс влияет множество параметров различных систем (питания, смазочной, охлаждения) и механизмов. Взаимосвязи между качеством выполнения ими своих функций и исправностью составных частей также весьма многочисленны.

Данные о взаимосвязи основных качественных многопричинных признаков нарушения работоспособности дизеля с возможными неисправностями систем и механизмов приведены в Приложении 6. С помощью этой таблицы можно определить минимальное число проверок, которые следует выполнить при последующем диагностировании. Для этого поступают следующим образом.

При обнаружении определенного качественного признака нарушения работоспособности дизеля опросом механизатора или проверкой работы дизеля на разных режимах устанавливают наличие всех возможных качественных признаков. Затем выявляют минимальное число возможных нарушений работоспособности систем или механизмов дизеля из указанных в графе 1 Приложения 6, руководствуясь правилом: рассматривать только такие возможные нарушения работоспособности составных частей, которые взаимосвязаны со всеми из обнаруженных качественных признаков или наибольшим их числом.

Пример 1. Дизель трудно пускается (Приложение 6, графа 3). При номинальной частоте вращения появляется черный дым (графа 7).

Наблюдаются признаки, указанные в графах 11 и 12.

Обнаруженные признаки проявляются совместно только при неисправности 8 по графе 1 Приложения 6, т. е. дальнейшая работа должна быть направлена на выявление места и характера отказа, вследствие которого не обеспечивается достаточное наполнение цилиндров воздухом.

Пример 2. Дизель трудно пускается (графа 3), после прогрева работает с перебоями непериодического характера (графа 5) и белым дымом на выпуске (графа 8).

Легко установить, что с данными признаками одновременно связаны неисправности 2, 7 и 9. Следовательно, дальнейшие этапы необходимо проводить только для проверки, не заправлено ли топливо с примесью воды, а также для выявления места и характера отказа, вследствие которого нарушена герметичность камеры сгорания либо герметичность рубашки охлаждения.

Следует подчеркнуть, что установленное минимальное число работ действительно обеспечит выявление места и характера отказа, вызвавшего нарушение работоспособности дизеля, если наличие или отсутствие признаков, указанных в графах 2...8 Приложения 6, определено точно.

Например, механизатор определил трудный пуск (графа 3) и работу с перебоями (графа 5), а появление белого дыма не зафиксировал. Если признаки не уточнить, то будут назначены проверки нарушений 1, 4 и 5 (вместо 4, 6 и 9), и после бесполезной работы все же придется уточнять качественные признаки либо проверять все из возможных нарушений 1...13.

Рекомендуется учитывать также следующие факторы. Тот или иной качественный признак может проявиться или не проявиться при соответствующей неисправности в зависимости от степени отклонения параметра, характеризующего данную неисправность, от номинального значения. Например, степень понижения давления топлива за фильтром тонкой очистки (неисправность 5) может быть такой, что пуск будет затруднен, но самопроизвольного останова не будет, особенно если трактор эксплуатируют на легких режимах. То же самое можно наблюдать при неисправностях 1 и 2. Понижение мощности и повышение расхода топлива сопровождают почти все рассматриваемые неисправности, поэтому они только подтверждают наличие какой-то неисправности, но не помогают определить кратчайший путь поиска места отказа.

4 Описание и выбор методов поиска неисправностей

При работе двигателя большинство неисправностей проявляется в виде внешних признаков (симптомов). Часто внешние признаки различных неисправностей носят одинаковый характер. Например, дизель может работать с перебоями и не развивать достаточной мощности в следующих случаях: при неудовлетворительной работе форсунок, попадании воды в

цилиндры или воздуха в топливо, зависании плунжеров во втулках и других неисправностях. Опытный инженер, зная наиболее часто встречающиеся неисправности, а также их внешнее проявление, обнаруживает возникшую неисправность, не проводя излишних проверок и разборок. Нередко он прибегает к методам последовательного исключения. Например, неработающий цилиндр можно обнаружить путем поочередного выключения подачи топлива в цилиндры: при отключении неработающего цилиндра характер и звук выхлопа не изменяются.

Чтобы правильно и быстро поставить диагноз при проверке двигателя с помощью отдельных средств диагностирования, инженер должен располагать большим количеством данных о функциональных связях между возможными неисправностями и их симптомами, а также обладать достаточным опытом.

Допустим, по какой-либо составной части известны лишь комбинации симптомов и их связи с соответствующими неисправностями, но неизвестны вероятности наиболее частотного возникновения хотя бы некоторых из неисправностей, характерных для данного симптома. В этом случае поиск конкретной неисправности ведут, исходя из предположения, что при данном симптоме все связанные с ним неисправности равновероятны, то есть в одинаковой степени возможны. Для выявления причин таких неисправностей должна быть разработана целая система измерительных преобразователей, которые фиксировали бы как редко, так и часто встречающиеся неисправности. Теоретически такой метод определения неисправностей осуществим, но практически он чрезвычайно сложен и дорог. Тем не менее, он уже находит применение в виде бортовых компьютерных систем на автомобилях и тракторах иностранного производства.

Применение положений теории вероятностей, в частности теории информации, позволяет значительно упростить процесс постановки диагноза. Сущность вероятностного подхода к определению характера неисправности заключается в следующем.

На основе статистических данных о закономерностях изменения параметров состояния в зависимости от наработки составной части или машины в целом (двигателя) и о возможных комбинациях симптомов и их связях с неисправностями для каждой неисправности устанавливают вероятность ее возникновения $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ и вероятность появления каждого симптома $Q_1, Q_2, Q_3 \dots Q_n$. По полученным материалам разрабатывают программу поиска данной неисправности, который ведут в порядке убывания вероятностей возникновения различных отказов, характерных для данного симптома:

$$P_1(Q_1) \leq P_2(Q_2) \leq P_3(Q_3) \leq \dots \leq P_n(Q_n).$$

Например, наиболее часто встречающаяся причина перебоев при работе дизелей – неудовлетворительное состояние форсунок. Следовательно, поиск

неисправности в этом случае нужно начинать с проверки работы форсунок.

В целях еще большего снижения затрат времени и средств на поиски неисправностей при разработке программ поисков следует принимать во внимание не только вероятность возникновения неисправностей $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$, но и время $T_1, T_2, T_3 \dots T_n$, затраченное на выявление каждой из них при диагностировании. Поиск неисправностей по таким критериям получил название метода *время-вероятность*. В этом случае последовательность проверки устанавливают, исходя из отношения времени T , необходимого на выявление неисправности, к вероятности P появления этой неисправности. Поиск неисправности начинают с составных частей, для которых указанное отношение получается минимальным, то есть

$$\frac{T_1}{P_1} \leq \frac{T_2}{P_2} \leq \frac{T_3}{P_3} \leq \dots \leq \frac{T_n}{P_n}.$$

Например, перегрев двигателя, сопровождаемый кипением воды в радиаторе, возможен в следующих случаях: при срезе шпонки крыльчатки водяного насоса, чрезмерном загрязнении сердцевины радиатора, ослаблении ремня вентилятора и др. Из перечисленных причин наиболее часто встречается ослабление ремня вентилятора, а время, потребное на проверку его натяжения, является минимальным. Отсюда следует, что поиск причины указанной неисправности нужно начинать с проверки натяжения ремня вентилятора. Другой пример - появление перебоев в работе двигателя: неисправность форсунки A и подсос воздуха в топливную систему B . Если из 100 случаев проверки форсунок они оказывались неисправными 50 раз, то вероятность отказа $P_A = 0,5$. Аналогично можно определить и вероятность P_B (пусть $P_B = 0,05$). Чтобы построить рациональную последовательность проверок с одновременным учетом вероятности P и трудоемкости проверки T , вычисляют отношение этих показателей T/P , которое определяет время, затрачиваемое на обнаружение одного отказа, и первоочередно назначают проверку с меньшим значением этого отношения. Пусть $T_A = 10$ мин, а $T_B = 3$ мин, тогда $T_A/P_A = 20$ мин, а $T_B/P_B = 60$ мин. Так как на обнаружение одной неисправности A затрачивается в три раза меньше времени, чем на обнаружение неисправности B , то проверку по неисправности A нужно выполнять первой.

Конечно, непосредственно у трактора никто не занимается подобными вычислениями. Это делают при построении рекомендуемых тестов и технологий диагностирования. Вместе с тем понимание этого принципа вырабатывает на практике способность принимать решение.

При одинаковой вероятности возникновения двух или более неисправностей, характерных для какого-либо симптома, поиск осуществляют, исходя из минимального времени, затрачиваемого на проверку. Если отношение T/P одинаково для поиска неисправностей с одинаковыми внешними признаками, то в этом случае поиск по методу *время-вероятность* неэффективен, так как он приводит к неопределен-

ности – к случайному выбору последовательности поиска возникшей неисправности.

Важный критерий при выборе оптимальной (наивыгоднейшей) последовательности поиска неисправностей – минимальная величина средней стоимости проверки. При использовании этого критерия стремятся к тому, чтобы максимальная стоимость поиска отказавшего элемента была наименьшей по сравнению с затратами, получаемыми при других методах проверки. Такой метод поиска получил название метода *минимакса*.

Метод минимакса наиболее эффективен в тех случаях, когда простой машин не отражаются на агротехнических сроках выполнения полевых работ. В период посевных и уборочных работ решающим фактором является время, затрачиваемое на поиск и устранение неисправностей. В связи с чем в этих случаях наиболее приемлем метод *время-вероятность*.

При выборе методов поиска неисправностей как машин, так и их двигателей необходимо иметь в виду следующее. Важнейшая проблема в области технической диагностики машин – установление закономерностей изменения симптомов в зависимости от наработки, а также выявление зависимостей между этими симптомами и соответствующими им параметрами технического состояния. Знание этих закономерностей и зависимостей при известных предельных значениях (изменениях) параметров технического состояния позволяет своевременно предупредить неисправности и отказы.

Практически поступают следующим образом. Если имеются неисправности и отказы, то сначала устраняют возможные причины их возникновения по характерным признакам. Затем, исходя из предполагаемой причины возникновения неисправности, подбирают соответствующие диагностические средства, с помощью которых дают заключение (ставят диагноз) о характере и существовании неисправности.

5 Возможности и практика поиска неисправностей

Возможности поиска неисправностей. Полностью исключить появление неисправностей, несмотря на большие усилия в этом направлении, невозможно. Возникновение внезапных непрогнозируемых отказов остается неизбежным даже при проведении активной профилактики. Абсолютная (100-процентная) надежность практически недостижима. Износ и старение – объективные причины возникновения неисправностей. Более того, вероятность отказов возрастает с увеличением наработки машины. Нарушения руководства по эксплуатации – субъективные причины появления неисправностей и отказов.

Процесс поиска неисправностей сложный и трудоемкий. С постоянным усложнением современных двигателей проблема поиска неисправностей становится все более значимой, а поддержание их работоспособности все более затруднительным.

Отказ одного из элементов двигателя зачастую влечет нарушение работы

другого. Весьма затруднительно обнаружить какую-либо неисправность среди множества других, разобщенных, но взаимовлияющих и взаимо-связанных.

В то же время, во всех случаях при обнаружении неисправности необходимо выявить и по возможности устранить причину ее возникновения. На это также требуется время и иногда даже большее, чем на поиск неисправности.

Задача осложняется еще и тем, что значительная часть неисправностей носит скрытый характер и не может быть обнаружена при внешнем осмотре.

Условия поиска неисправностей – часто полевые и при отсутствии полного набора диагностических средств – не способствуют успешному решению задачи. Отсутствие или неполнота информации либо ложная (ошибочная) информация также усложняют поиск неисправностей.

Задача поиска неисправности по определению представляет собой сложную цепь, логически связанных друг с другом умозаключений и действий. Разумеется, их можно описать математически и поставить на компьютер. В результате будет получено множество задач и решений, которые снова нужно будет выбирать и осмысливать инженеру. При этом предварительно - ввод информации в компьютер. Все это еще более усложняет процесс поиска неисправностей. Поэтому инженеры в своей практике пока полагаются в основном на собственные знания и опыт. Однако компьютерные технологии в диагностике – это новый этап в ее дальнейшем развитии. Частично они уже находят применение в инженерной практике. Вместе с тем, полное решение данной задачи на современном научно-техническом уровне возможно только комплексно: оснащение двигателей необходимым набором датчиков, отслеживающих и фиксирующих неисправности и отказы; передача этой информации в бортовой компьютер или в компьютер на стационаре; обработка данной информации в компьютерном режиме. В завершение – диагноз и рекомендации по устранению неисправности в виде технологической карты. *(Не обольщайся, читатель!).* И эта система не будет абсолютно совершенной. Ограниченная надежность датчиков, возможные сбои, ошибки компьютера и другие нарушения системы приведут к возникновению новых проблем. В конечном итоге последнее слово в принятии решений по-прежнему останется за инженером. Более того, у него появится дополнительная задача: убедиться в правильности результатов, выданных компьютером.

Практика поиска неисправностей. Обычно поиск причин отказа инженер начинает с предположения, что наблюдаемый отказ – результат дефекта одного или нескольких элементов системы. Например, двигатель стал дымить или появился стук, либо двигатель перестал «тянуть» (не развивает мощность).

При этом инженер знает:

- а) что двигатель ранее работал без этих видимых дефектов;
- б) характеристику двигателя при его нормальной работе;
- в) что есть изменения в этих характеристиках, которые привели к отказу двигателя, или, наоборот, изменение характеристик является следствием отказа.

Новые характеристики системы отражаются в комплексе внешних признаков отказа двигателя. Часто бывает, что комплекс признаков не подсказывает инженеру причину неисправности.

С точки зрения инженера-диагноста, метод, который кажется ему наиболее быстрым, наилучший, и его поиски, как правило, базируются на этой точке зрения. Конечно, можно обнаружить неисправность путем последовательной проверки каждого элемента до тех пор, пока причина отказа не будет выявлена. Однако инженер обходит эту трудоемкую процедуру. Он хочет быстро распознать характер неисправности, выполнить несколько по возможности наиболее простых проверок, локализовать место неисправности и приступить к ее устранению.

Именно здесь, на пути поиска неисправности, главное препятствие: инженер без посторонней помощи, на основе только информации о состоянии двигателя, представляемой ему штатными встроенными приборами, ослушиванием, наблюдением «на глаз» и прочими средствами должен выявить: какой путь приведет к правильной постановке диагноза, позволит максимально ускорить поиск, локализовать неисправность и устранить ее.

Прежде, чем сделать очередной диагностический шаг, инженер должен оценить создавшуюся ситуацию, обдумать план диагностики, проанализировать полученную информацию и возможную «реакцию» двигателя на его действия. Наконец, наступает момент принятия решения. Инженер обязан выбрать тот или иной образ действий даже если он не располагает полной информацией о всех факторах, учет которых существенно влияет на этот выбор, либо он просто не понимает создавшейся ситуации в силу своего малого опыта.

Многолетние практические наблюдения выявляют следующую картину действий инженеров в процессе поиска неисправностей в двигателе.

1. Многие инженеры медлят в постановке диагноза, так как не уверены в том, что получили достаточно полную и точную информацию для изоляции ненормально функционирующего узла или для уточнения подлинности отказавшего элемента.

2. Если инженер получил достаточную информацию, то все равно в подавляющем большинстве случаев он выполняет излишние или не относящиеся к делу измерения и проверки, прежде чем окончательно находит неисправность. Только небольшой процент инженеров немедленно и правильно используют эту информацию. Иногда инженеры безуспешно заканчивают поиск.

3. Значительная часть действий инженера дает достаточную информацию, чтобы решить задачу поиска, окончательно выявить и изолировать отказавший элемент. Однако и эта информация сравнительно редко правильно используется. Поиск обычно характеризуется последовательностью неудачных попыток устранить неисправность.

4. В некоторых случаях инженер, обнаружив неисправность, не прекращает операций по дальнейшему осмотру двигателя, так как не уверен в том, что найденная неисправность действительно является причиной отказа.

Он может также преднамеренно продолжить регулировку и замену некоторых деталей в целях профилактического обслуживания. Иногда инженер предполагает, что детали, которые он заменяет в настоящее время, должны вызывать нарушение нормальной работы в будущем, если их оставить в данном двигателе. Эти излишние замены иногда дают отрицательный результат - противоположный ожидаемому. Они возвращают двигатель к периоду приработки и понижают надежность других элементов системы.

Указать рациональную последовательность действий для определения места и характера отказа при различных ситуациях невозможно. В конкретной ситуации приходится в определенной мере достраивать или перестраивать типовые тесты (рекомендации) с учетом дополнительных факторов. Так, например, если отдельные операции (регулировка, проверка состояния и другие) были выполнены незадолго до проводимых работ, то вероятность повторной неисправности в этом же месте мала, и эти операции первоочередно не выполняют. Появление после заправки определенной неисправности, связанной с качеством топлива, является сигналом для первоочередной его проверки. Внезапное появление неисправности, например падение давления масла в магистрали двигателя, свидетельствует об аварийном характере отказа (поломка деталей привода насоса).

Основные практические рекомендации поиска неисправностей следующие:

а) в первую очередь нужно ориентироваться на штатные контрольно-измерительные приборы и устройства, затем - на органы чувств и в последнюю очередь – на использование специальных диагностических средств;

б) принимать во внимание «логичность изменения» показаний приборов и появлений качественных признаков (вибрационных и звуковых сигналов) при различных режимах работы двигателя;

в) поиск нужно вести по принципу «от простого к сложному»: от более вероятного места отказа к менее вероятному, от менее трудоемких операций к более трудоемким;

г) в системах, где жидкость или воздух используют в качестве рабочей среды, неисправности следует искать от емкости по направлению движения рабочей среды в системе;

д) учет обобщающих признаков и параметров, характеризующих работоспособность системы или механизма в целом (например, обобщающий признак - нормальное протекание рабочего процесса дизеля исключает необходимость проверки по частным параметрам отдельных составных частей системы питания топливом и воздухом);

е) разделение двигателя (условно) на отдельные системы, узлы и механизмы, имеющие целевое назначение;

ж) возможность локализации неисправностей методом исключения при одновременном сравнении полученных результатов на каждом этапе – по принципу: «помогло – не помогло»;

з) визуальный анализ отработавших газов по цвету и температурных изменений поверхности нагрева деталей.

Рациональное применение данных рекомендаций позволяет быстрее «сжать границы» неисправности вначале до неисправности отдельной системы, затем – последовательно – до неисправности конкретного узла, сопряжения и детали.

Достаточно быстрое выявление неисправности возможно на основе систематизированного поиска. Зачастую различные неисправности сопровождаются одними и теми же внешними признаками. При бессистемном поиске это может направить инженера на ложный путь. В этом случае поиск неисправности занимает много времени, а иногда и вообще не дает положительного результата. В то же время систематизированные методы поиска могут оказаться эффективными только при их применении в определенной последовательности, зависящей от внешних проявлений отказа и сопровождающих отказ обстоятельств.

Последствием применения неправильных методов (ошибок при поиске) может быть возникновение других неисправностей, что еще более усложняет их устранение. Однако нет никакой необходимости сводить практическое распознавание неисправностей к чисто автоматическим бездумным операциям, хотя, безусловно, *чем проще процесс, тем лучше*.

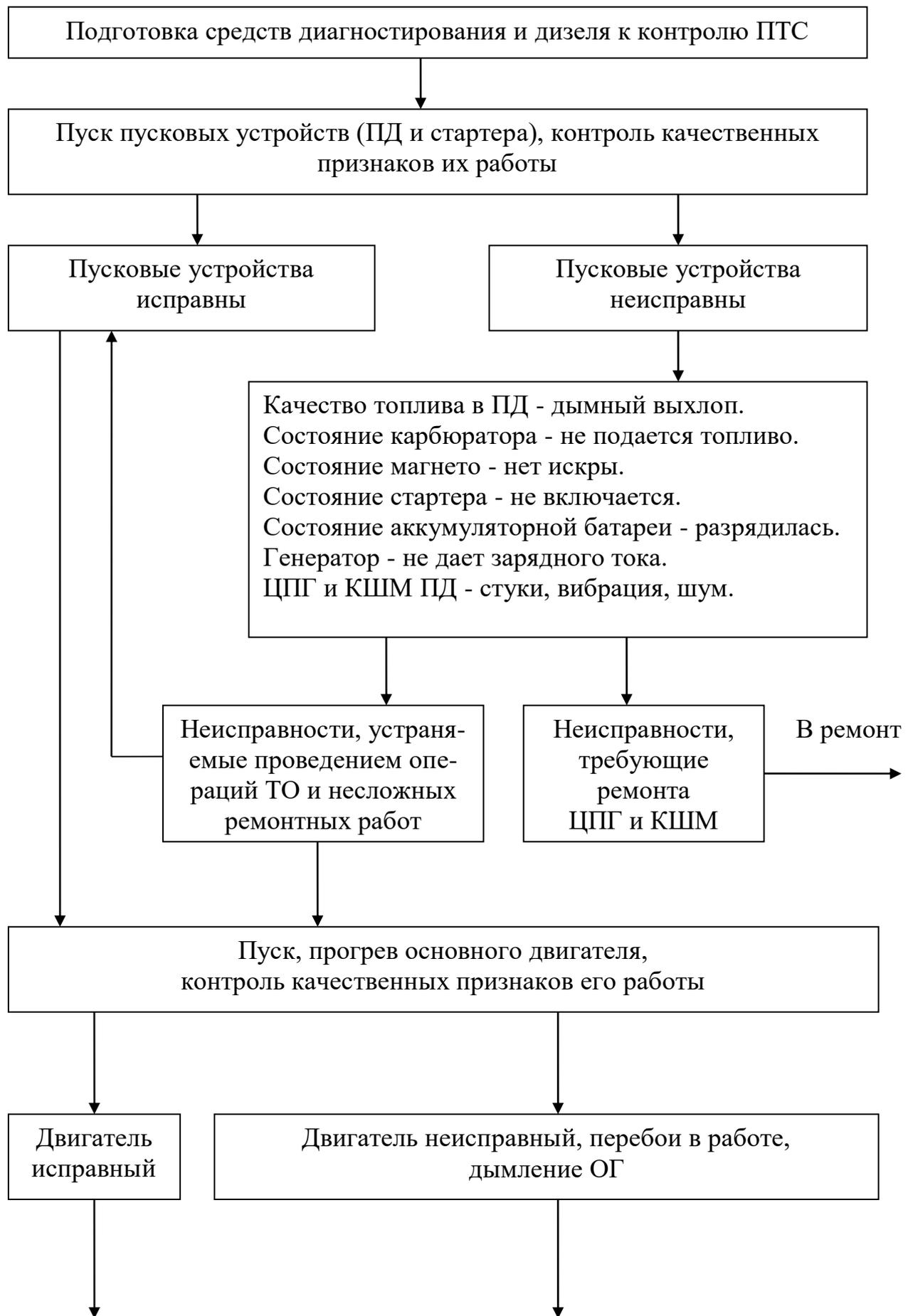
В завершение отметим, что основой успешного поиска неисправностей являются знания: *хорошая практика всегда базируется на хорошей теории!*

6 Неисправности, характеризующие трудный пуск дизеля и методика их поиска

Неисправности, характеризующие трудный пуск дизеля, определяют при условии, что пусковые устройства (пусковой двигатель, стартер и аккумуляторная батарея) исправны. Общая блок-схема последовательности выполнения работ по выявлению и устранению неисправностей при запуске дизеля показана на рис. 37. На первом этапе она предусматривает подготовку средств диагностирования и дизеля к контролю параметров технического состояния (ПТС). Второй этап - контроль качественных признаков пусковых устройств и устранение их неисправностей путем регулировок и проведения операций технического обслуживания (ТО). При необходимости (если требуется ремонт ЦПГ и КШМ) пусковой двигатель (ПД) направляют в ремонт. Третий - контроль качественных признаков дизеля при пуске и прогреве по цвету дымности отработавших газов (ОГ). Если неисправности двигателя требуют больших затрат, то его направляют в ремонт. Простые неисправности также устраняют выполнением регулировок и операций ТО. При этом их поиск выполняют в последовательности (по данным ГОСНИТИ):

1. Воздухоочиститель: по разрежению во впускном коллекторе определяют засоренность фильтроэлементов – производят очистку (замену) фильтра и замену масла.

2. Турбокомпрессор: по времени выбега и давлению масла выявляют износ подшипников и засоренность фильтроэлементов – заменяют турбокомпрессор или его фильтроэлементы.



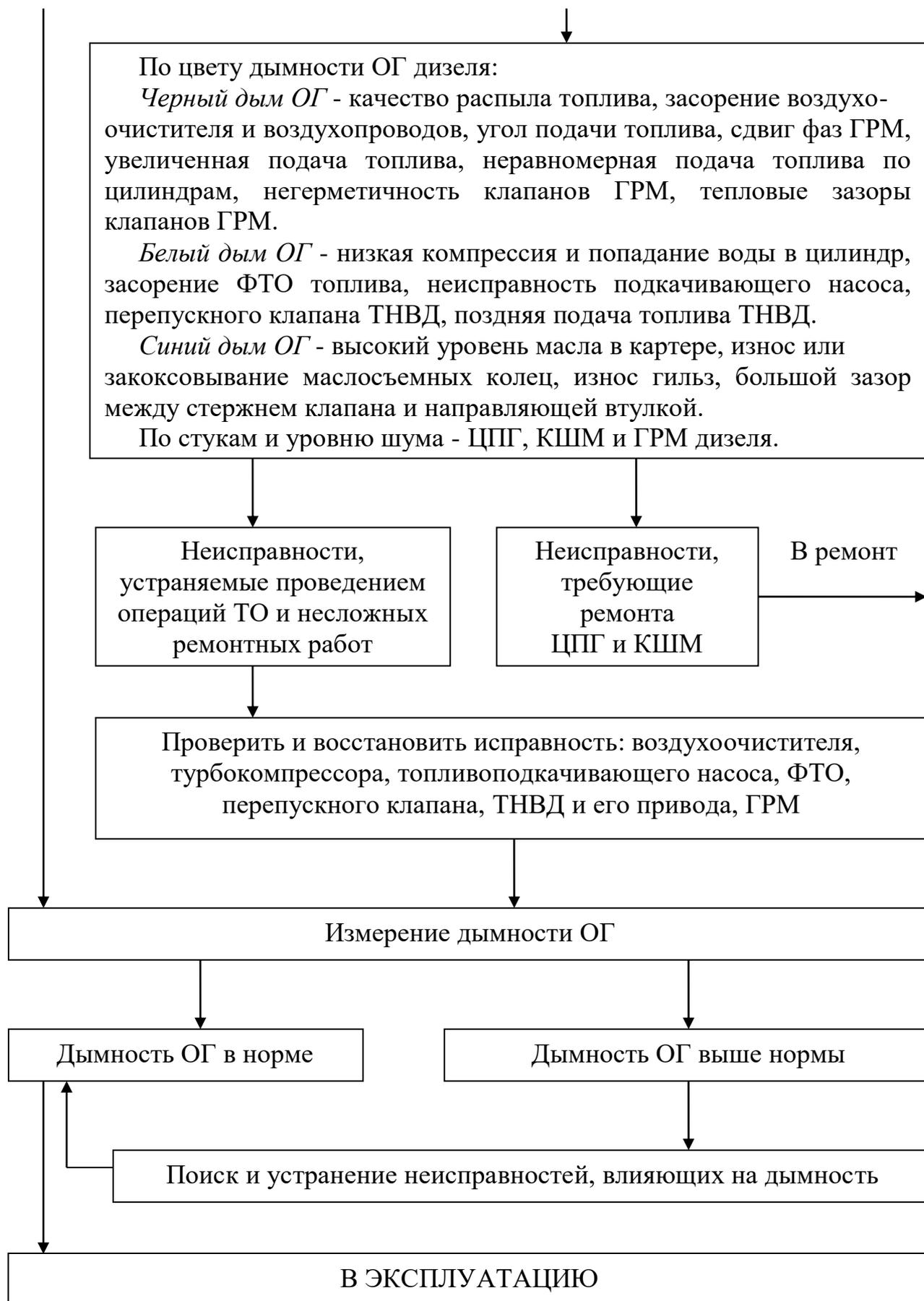


Рисунок 37 – Общая блок-схема последовательности выполнения работ по выявлению и устранению неисправностей при запуске дизеля

3. Топливоподкачивающий насос и ФТО топлива: по давлению в системе топливоподачи, а также по давлению топлива до и после ФТО - проверяют подсос воздуха до насоса, засоренность ФТО, засоренность или разре-гулировку перепускного клапана – производят очистку и регулировку клапана (на некоторых двигателях перепускные клапаны не регулируются), замену фильтроэлементов и топливоподкачивающего насоса.

4. ТНВД: по параметрам подачи топлива (цикловая подача; угол начала и конца подачи; давление, развиваемое плунжерной парой; время падения давления в полости нагнетания плунжера) - определяют необходимость подтяжки нажимных штуцеров, очистки или замены нагнетательного клапана либо замены ТНВД.

5. Привод ТНВД: по углу начала подачи топлива – регулируют начало подачи топлива, заменяют муфту привода или производят перестановку приводной шестерни.

6. ГРМ: по тепловым зазорам, фазам газораспределения, а также по углу начала открытия и закрытия клапана относительно ВМТ – регулировка тепловых зазоров и перестановка зубьев приводной шестерни газораспределения.

7. ЦПГ: по стукам ЦПГ, прорыву ОГ в картер дизеля и по компрессии определяют износ ЦПГ - замена поршневых колец.

После чего измеряют дымность ОГ (четвертый этап). Если она в норме, то поиск неисправностей прекращают, а восстановленный двигатель направляют в эксплуатацию. Если дымность ОГ выше нормы, то по характеристике цвета дымности проводят углубленное диагностирование и выполняют дополнительные регулировочные работы по доведению дымности ОГ до нормы (пятый этап). На этом работы по выявлению и устранению неисправностей при запуске дизеля завершают.

Наиболее часто дизель трудно пускается при наличии воздуха или воды в системе топливоподачи, неправильной установке момента начала подачи топлива и неудовлетворительном состоянии форсунок.

Чтобы выявить причины трудного пуска, сначала проверяют, нет ли воздуха в системе топливоподачи (путем прокачки системы). Затем определяют, нет ли воды в топливе, вывернув спускную пробку топливного фильтра и спустив отстой в приготовленную емкость. Вода будет заметна на дне емкости.

Если дизель снова не пускается, проверяют и при необходимости регулируют момент (установочный угол) начала подачи топлива. После этого проверяют топливную аппаратуру. Ее диагностирование начинают с проверки системы топливоподачи низкого давления. На следующем этапе выясняют, все ли форсунки работают. Затем - давление впрыска и качество распыла топлива форсунками. Если топливная аппаратура исправна, а качество топлива удовлетворительное, то трудный пуск дизеля может быть результатом слабой компрессии, попадания воды в цилиндры из системы охлаждения, нарушения фаз газораспределения, неплотного прилегания клапанов к гнездам головки и др.

7 Неисправности, характеризующие неустойчивую работу дизеля, и причины их возникновения

Неустойчивая работа (перебои в работе) дизеля наблюдается главным образом при:

- попадании в цилиндры воды;
- наличии в топливе воздуха;
- нарушении параметров впрыскивания топлива форсунками (при закок-совывании или залегании иглы в корпусе распылителя; при чрезмерном износе прецизионных пар топливного насоса; большой неравномерности подачи; при пониженном давлении топлива, подаваемого к ТНВД; при загрязнении фильтров тонкой очистки топлива);
- значительном износе механизмов регулятора.

Причинами неустойчивой работы дизельного двигателя также могут быть случаи:

- поломки пружин плунжеров, нагнетательных клапанов и форсунок,
- заедания рейки топливного насоса или муфты регулятора,
- зависания клапанов газораспределения.

В процессе эксплуатации дизеля ухудшается техническое состояние регулятора частоты вращения коленчатого вала: снижается частота вращения, соответствующая началу действия регулятора; изменяется неравномерность работы и возрастает степень нечувствительности регулятора.

Следует особо отметить, что даже *засорение или забивка отверстия в крышке топливного бака также может являться причиной неустойчивой работы двигателя.*

Двигатель всегда работает неустойчиво, если не работает или плохо работает отдельный цилиндр.

Неустойчивая работа дизеля почти всегда сопровождается сопутствующими признаками (самопроизвольный останов, не обеспечивается номинальная мощность, повышенный расход топлива). При этом изменяется характер выпуска отработавших газов, что следует учитывать при поиске причин неисправности.

Дымный выпуск, как правило, возникает при неполном сгорании топлива, которое может быть вызвано неудовлетворительной работой форсунок, слишком ранним или, наоборот, поздним впрыском топлива в цилиндры, чрезмерной подачей топлива, недостатком воздуха (в случае сильного засорения воздухоочистителя). Белый дым на прогретом дизеле свидетельствует о попадании воды в топливо, о плохой работе отдельного цилиндра, о негерметичности камеры сгорания цилиндров, а также рубашки охлаждения блока цилиндров и головки.

Нужно иметь в виду, что неустойчивая работа дизельного двигателя может быть следствием какой-то одной причины либо нескольких причин, оказывающих совокупное влияние на характер работы двигателя. Это приводит к необходимости проверки стабильности работы двигателя после выявления и устранения каждой из возможных причин.

Форма 9 - КОНТРОЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ КАРТА
(приведена в сокращении – только по двигателю)

Дата _____ Хозяйство _____ Трактор _____
(марка, гос. №)

Справка _____
(вид последнего ремонта, дата его проведения, послеремонтная

наработка моточасов, у. э. га и т.п.)

Сведение о неисправностях _____
(заполняет тракторист)

Результаты диагностирования

Объект диагностирования	Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра:		Заключение: Р, О, З, И	Отметка о выполнении работ
			номинальное	допускаемое		
Двигатель в целом (внешний осмотр)						
Кривошипно-шатунная группа	Давление масла при $n_{\text{мин}}$, $n_{\text{ном}}$	кг/см ²				
	Стуки в подшипниках коренных, шатунных, верхней головке шатуна	-				
Гильзо-поршневая группа	Стуки в сопряжениях: «поршень-гильза», «поршень-кольцо»	-				
	Расход картерных газов	л/мин				

Объект диагностирования	Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра:		Заключение: Р, О, З, И	Отметка о выполнении работ
			номинальное	допускаемое		
Система смазки	Время выбега ротора центрифуги	с				
	Масса осадка в роторе центрифуги	г				
	Качество моторного масла (по интенсивности накопления массы осадка в роторе центрифуги)	г/кг, (г/л)				
	Погрешность манометра	кг/см ² (%)				
Система охлаждения	Натяжение ремня вентилятора, генератора	мм				
	Погрешность термометра	°С (%)				
Система питания	Давление, развиваемое секциями насоса	кг/см ²				
	Время падения давления	с				
	Опережение подачи (впрыска) топлива	град.				
	Производительность насосных элементов	см ³ в мин				
	Неравномерность подачи топлива	%				
	Давление топлива до и после фильтра	кг/см ²				

Объект диагностирования	Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра:		Заключение: Р, О, З, И	Отметка о выполнении работ
			номинальное	допускаемое		
Механизм газораспределения	Тепловой зазор в клапанах	мм				
	Расход воздуха через неплотности клапанов	л/мин				
	Состояние генератора, аккумулятора, стартера, амперметра	-				
Пусковой двигатель	Продолжительность запуска	мин				
	Состояние магнето, свечи	-				
	Частота вращения вала на холостом ходу	мин ⁻¹				
	Частота вращения вала при отключении пускового двигателя	мин ⁻¹				
Мощность и экономичность двигателя	Частота вращения вала: $n_{\text{макс}}$, $n_{\text{ном}}$	мин ⁻¹				
	Мощность	кВт				
	Массовый расход топлива	кг/ч				
	Удельный расход топлива	г/кВт·ч				

Остаточный ресурс:

двигателя _____

Заключение:

Мастер диагност _____ (подпись) Мастер наладчик _____ (подпись)

Обозначения: Р – регулировка, О – очистка, промывка,
З – замена, ремонт, И – исправно.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение 1 - Параметры и качественные признаки технического состояния двигателей (по данным ГОСНИТИ)

Объект диагностирования	Прямые (структурные) параметры и признаки	Косвенные (функционально зависимые от структурных) параметры и признаки
1. Двигатель (в целом)	I* (группа I) - параметры и качественные признаки группы I, приведенные в пунктах 2 (первый и второй) и 3 (первый)	Параметры и качественные признаки, приведенные в пунктах 2 и 3 (группа I)
	II** (группа II) - эффективная мощность (максимальная мощность, развиваемая двигателем при номинальной частоте вращения коленчатого вала)	Крутящий момент при номинальной частоте вращения коленчатого вала
		Угловое ускорение коленчатого вала
		Изменение частоты вращения коленчатого вала при отключении части цилиндров
	Удельный расход топлива	Массовый расход топлива
		Дымность выпускных газов
	Частота вращения коленчатого вала	-

Объект диагностирования	Прямые (структурные) параметры и признаки	Косвенные (функционально зависимые от структурных) параметры и признаки
2. Цилиндро-поршневая группа	I - зазор между поршнем и гильзой в верхнем поясе	Количество газов, прорывающихся в картер
		Расход масла на угар
		Крутящий момент, необходимый для прокручивания двигателя при отключенной подаче топлива (момент компрессирования)
		Разность ускорений коленчатого вала при прокручивании двигателя с декомпрессированием и без декомпрессирования цилиндров
		Вакуумметрическое давление в перекрытом впускном тракте при прокручивании двигателя
		Температура стенок камеры сгорания при прокручивании двигателя
	Зазор в сопряжении поршень-кольцо по высоте канавки поршня	Параметры вибрации и шума
	Зазор в стыке поршневых колец	Концентрация продуктов изнашивания трущихся деталей в масле

Объект диагностирования	Прямые (структурные) параметры и признаки	Косвенные (функционально зависимые от структурных) параметры и признаки
3. Кривошипно-шатунная группа	I - зазор между шейкой коленчатого вала и вкладышем коренных подшипников коленчатого вала	Биение оси коленчатого вала
	Зазор между шейкой коленчатого вала и вкладышем шатунных подшипников	Свободное осевое перемещение поршня относительно шатунной шейки коленчатого вала
	Зазор между поршневым пальцем и втулкой верхней головки шатуна	Параметры вибрации и шума
		Концентрация продуктов изнашивания трущихся деталей в масле
		Свободное осевое перемещение поршня относительно шатуна
	Суммарный радиальный зазор в сопряжениях кривошипно-шатунной группы	Давление масла в главной магистрали
		Концентрация продуктов изнашивания трущихся деталей
4. Механизм газораспределения	I - зазор в сопряжении «клапан-седло»	Расход газов через сопряжение «клапан-седло»
		Утопание клапана в седле
		Параметры вибрации и шума
	II - фазы газораспределения	То же
	Тепловой зазор в клапанном механизме	То же

Объект диагностирования	Прямые (структурные) параметры и признаки	Косвенные (функционально зависимые от структурных) параметры и признаки
5. Система питания (в целом)	I - параметры и качественные признаки, приведенные в пункте 6 (группа I)	Параметры и качественные признаки, приведенные в пункте 6 (группа I)
	II - параметры и качественные признаки, приведенные в пунктах 6 и 10 (группа II)	Параметры и качественные признаки, приведенные в пунктах 6 и 10 (группа II)
6. Топливный насос	I - зазор в сопряжении гильза-плунжер насоса	Давление, развиваемое секциями насоса
		Характеристика топливоподачи (характеристика изменения давления в топливопроводе в зависимости от угла поворота коленчатого вала)
	II - фазы топливоподачи (момент начала подачи топлива, момент и продолжительность впрыскивания топлива)	Угол опережения подачи топлива
		Угол опережения впрыскивания топлива
		Параметры вибрации и шума
	Равномерность подачи топлива	Цикловая подача топлива секциями насоса
Дымность выпускных газов		
Изменение частоты вращения коленчатого вала при последовательном отключении части цилиндров		

Объект диагностирования	Прямые (структурные) параметры и признаки	Косвенные (функционально зависимые от структурных) параметры и признаки
7. Топливоподкачивающий насос	I - зазор в сопряжении гильза-поршень топливоподкачивающего насоса	Давление, создаваемое насосом
	II - подача насоса	Давление перед фильтром тонкой очистки топлива
8. Форсунки	I - зазор в сопряжении игла-корпус распылителя	Параметры вибрации и шума
	II - давление впрыска топлива и качество его распыла	То же
		Давление начала впрыскивания топлива Дымность выпускных газов
9. Воздухоочиститель и впускной тракт	II - засоренность воздухоочистителя	Разрежение во всасывающем коллекторе за воздухоочистителем
	Герметичность впускного воздушного тракта	Подсос воздуха в стыках впускного воздушного тракта
9а. Турбокомпрессор	I – зазор между валом турбины и подшипником	Давление масла в подшипнике
	Упругость уплотняющих колец	Угар масла
	Толщина отложений на колесе турбины и экране	Давление наддува Усилие на проворачивание турбины
10. Топливные фильтры	I - гидравлическое сопротивление фильтрующих элементов	Перепад давлений топлива до и после фильтра
	II - засоренность топливных фильтров	То же

Объект диагностирования	Прямые (структурные) параметры и признаки	Косвенные (функционально зависимые от структурных) параметры и признаки
11. Смазочная система	I - параметры и качественные признаки, приведенные в пункте 12 (группа I)	Параметры и качественные признаки, приведенные в пункте 12 (группа I)
	II - параметры и качественные признаки, приведенные в пунктах 12, 14 (группа II)	Параметры и качественные признаки, приведенные в пунктах 12, 14 (группа II)
12. Масляный насос	I - зазор между поверхностями шестерен, валиков, втулок и корпуса насоса	Давление масла в главной магистрали
		Производительность масляного насоса
13. Клапаны	I - герметичность клапанов (в закрытом положении)	То же
	II - давление, при котором открывается клапан	То же
14. Центробежный маслоочиститель	I - зазор между осью и ротором	Величина радиального перемещения ротора
	II - коэффициент очистки масла	Чистота наружной поверхности ротора
		Степень (%) заполнения ротора осадком
Частота вращения ротора	Продолжительность вращения ротора после остановки двигателя	
14а. Масло моторное	II – щелочное число масла	Скорость наполнения осадка в центробежном маслоочистителе
		Систематическая составляющая концентрации механических примесей в масле

Объект диагностирования	Прямые (структурные) параметры и признаки	Косвенные (функционально зависимые от структурных) параметры и признаки
15. Система охлаждения (водяная)	I - герметичность системы	Течь охлаждающей жидкости
	II - охлаждающая способность системы в целом	Интенсивность нагрева охлаждающей жидкости при работе двигателя под нагрузкой
		Рабочая температура охлаждающей жидкости
	Охлаждающая способность радиатора	Перепад температуры охлаждающей жидкости на входе в радиатор и выходе из него
16. Пусковой двигатель (ПД)	I - износ сопряжений цилиндропоршневой группы и подшипников коленчатого вала	Продолжительность пуска ПД
		Момент компрессирования
		Параметры вибрации и шума
	II - эффективная мощность (максимальная мощность, развиваемая двигателем при номинальной частоте вращения коленчатого вала)	Продолжительность пуска ПД
		Частота вращения коленчатого вала основного двигателя при пуске
Ускорение разгона коленчатого вала		
17. Муфта сцепления ПД	I - износ фрикционных накладок	Полный ход рычага включения муфты сцепления
	II - полнота включения и отключения муфты	Температура корпуса муфты
		Наличие специфического запаха

Объект диагностирования	Прямые (структурные) параметры и признаки	Косвенные (функционально зависимые от структурных) параметры и признаки
18. Редуктор ПД	I - износ шестерен и механизма управления	Параметры вибрации и шума
19. Автомат отключения ПД	I - износ зубьев и шлицев ведущей шестерни	То же
	Износ деталей обгонной муфты	То же
	II - частота вращения коленчатого вала основного двигателя, при котором отключается ПД	-
20. Муфта сцепления автомата отключения ПД	I - толщина фрикционных накладок	Скорость проскальзывания ведомого диска под нагрузкой
		То же
	II - момент трения	Свободный ход педали привода муфты сцепления
		Рабочая температура картера муфты сцепления
		Легкость переключения передач
Полнота включения и отключения муфты	То же	
<p><i>Примечания:</i></p> <p>* К группе I отнесены параметры, при превышении которых объект утрачивает работоспособность в силу исчерпания ресурса или в результате возникновения критического дефекта. Восстановить работоспособность можно только ремонтом или заменой отказавшей составной части.</p> <p>** К группе II отнесены параметры, при превышении которых восстановить работоспособность можно при техническом обслуживании объекта.</p>		

Приложение 2 – Параметры и качественные признаки нормального
технического состояния дизелей, наблюдаемые визуально
(по данным ГОСНИТИ)

Контролируемые параметры и качественные признаки	Количественные значения и качествен- ные характеристики параметров для нормального технического состояния
---	--

Пуск и работа пускового двигателя

Длительность пуска стартером	Не более трех попыток по 15 с
Характер работы	Устойчивый на всех режимах, без перебоев, стуков. Обеспечение пусковой частоты вращения вала дизеля
Своевременное отключение привода на дизель	Устойчивый пуск дизеля, отсутствие «разноса»
Нормальный тепловой режим при непрерывной работе под нагрузкой в течение 10 мин	Отсутствие характерного запаха от перегрева

Пуск дизеля

Длительность пуска: стартером; ПД (после прогрева, выключения декомпрессионного механизма и включения подачи топлива)	Не более 20 с Не более 120 с
Давление масла при работе ПД без прокрутки дизеля (для Т-150К)	Не менее 50 кПа (0,5 кгс/см ²)

Контролируемые параметры и качественные признаки	Количественные значения и качественные характеристики параметров для нормального технического состояния
--	---

Давление масла в магистрали непрогретого дизеля:

при минимальной частоте вращения для Т-150К и типа ДТ-75;	Не менее 300 кПа (3,0 кгс/см ²)
при минимальной частоте вращения для МТЗ и ЮМЗ;	Не менее 200 кПа (2,0 кгс/см ²)
при максимальной частоте вращения для Т-150К и типа ДТ-75;	Не более 950 кПа (9,5 кгс/см ²)
при максимальной частоте вращения для МТЗ и ЮМЗ	Не более 600 кПа (6,0 кгс/см ²)

Характер работы непрогретого дизеля	Устойчивый, без перебоев, допускается белый дым
-------------------------------------	---

Работа прогретого дизеля

Давление масла в магистрали:

при минимальной частоте вращения для Т-150К и типа ДТ-75;	Не менее 100 кПа (1,0 кгс/см ²)
при минимальной частоте вращения для МТЗ и ЮМЗ;	Не менее 50 кПа (0,5 кгс/см ²)
при максимальной частоте вращения для Т-150К и типа ДТ-75;	Не менее 180 кПа (1,8 кгс/см ²)
при максимальной частоте вращения для МТЗ и ЮМЗ	Не менее 100 кПа (1,0 кгс/см ²)

Температура воды и масла при нормальной эксплуатации трактора	Не более 95 °С
---	----------------

Характер работы дизеля на различных режимах	Устойчивый, равномерный, без перебоев, стуков и вибрации. Выпуск бездымный. Выход газов из сапуна незначительный.
---	---

Контролируемые параметры и качественные признаки	Количественные значения и качественные характеристики параметров для нормального технического состояния
--	---

Мощность, развиваемая дизелем, и значений удельный расход топлива (тяговые свойства)	Отклонение от номинальных допускается не более, чем на 5 %
---	--

Расход масла на угар (без учета полной замены при ТО)	0,7...0,8 % от расхода топлива
---	--------------------------------

Остановка дизеля

Остановка при выключении подачи топлива или включенном устройстве аварийного останова	Быстрая и полная
---	------------------

Прослушивание вращения ротора центрифуги после полной остановки дизеля	Не менее 30 с при определении на слух
--	---------------------------------------

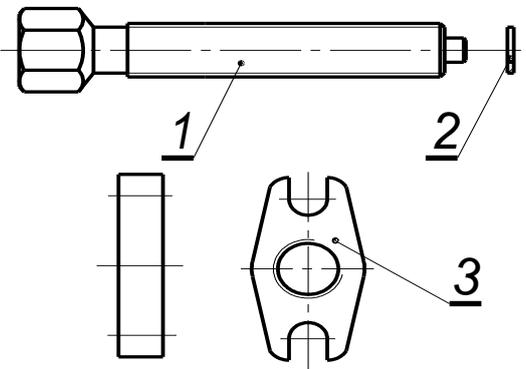
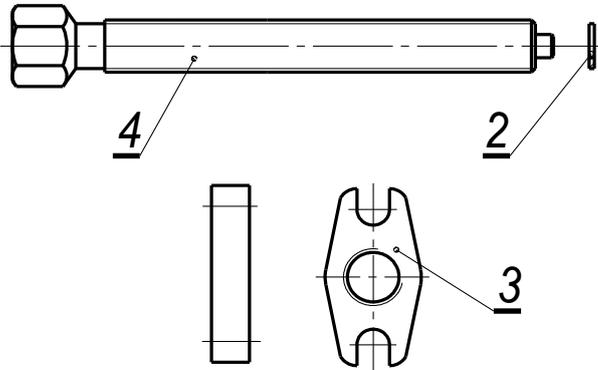
Общие для всех режимов работы параметры и признаки

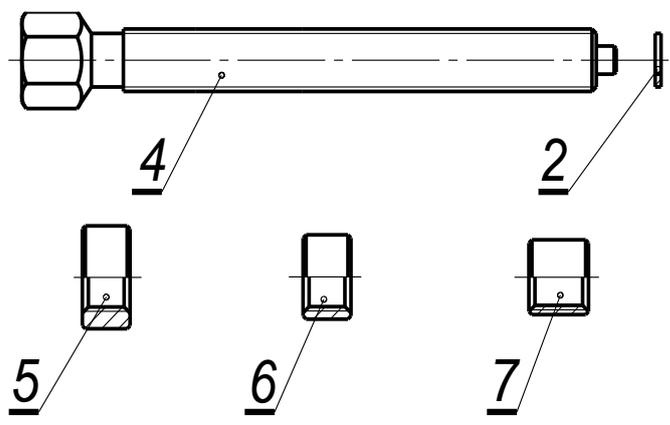
Герметичность масляной, водяной и топливной систем	Отсутствие подтеканий, масляных пятен на поверхности воды в радиаторе, воды в моторном масле (при сливе из поддона небольшого объема)
--	---

Уровень охлаждающей жидкости и масел	В пределах нормы, стабильный в периоды между плановыми заменами для масел и с незначительным понижением для воды в радиаторе (за счет испарения через клапан)
--------------------------------------	---

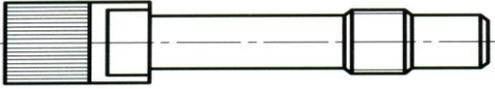
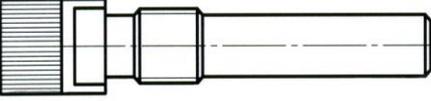
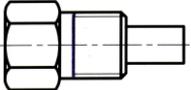
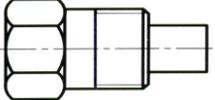
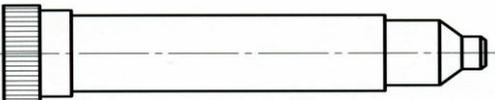
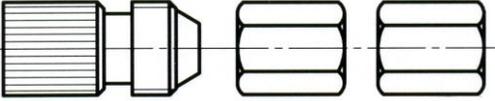
Показания контрольных приборов	Вне зоны, запрещающей эксплуатацию
--------------------------------	------------------------------------

Приложение 3 – Адаптеры компрессометра КИ-28125,
их характеристики и назначение

<p>Адаптеры (совокупность присоединительных элементов и их конструктивное оформление)</p>	<p>Назначение (марка дизеля)</p>
<p>1. Трубка дистанционная укороченная с опорным фланцем</p> 	<p>Д-243</p>
<p>2. Трубка дистанционная удлиненная с опорным фланцем</p> 	<p>Д-50, Д-65Н, Д-240, Д-241, Д-242, Д-243, Д-260.4, СМД-14, СМД-14А, СМД-14Б, СМД-14Н, СМД-17К, СМД-17КН, СМД-60, СМД-62, СМД-72</p>

Адаптеры (совокупность присоединительных элементов и их конструктивное оформление)	Назначение (марка дизеля)
<p>3. Трубка дистанционная удлиненная со втулками</p> 	<p>А-01М, А-01МЛ, А-41, Д-21, Д-21А1, Д-466, КамАЗ-740, КамАЗ-7401, ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, ЯМЗ-238БМ, ЯМЗ-238М, ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-238П, ЯМЗ-238ПМ, ЯМЗ-238Ф, ЯМЗ-238ФМ, ЯМЗ-240, ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-240БМ, ЯМЗ-240М, ЯМЗ-240Н, ЯМЗ-240НМ, ЯМЗ-240П, ЯМЗ-240ПМ</p>
<p><i>Примечания:</i></p> <p>1 В данной таблице позициями обозначены: 1 – трубка дистанционная укороченная (меньшей длины); 2 – шайба уплотнительная; 3 – фланец опорный; 4 – трубка дистанционная удлиненная (большей длины); 5, 6, 7 – втулки наибольшего, среднего и наименьшего диаметра.</p> <p>2 Следует иметь в виду, что представленные присоединительные элементы, кроме шайбы, имеют маркировку (цифровые обозначения, нанесенные на составные части путем выдавливания): 2 – трубка дистанционная укороченная (поз. 1 на рисунке в данной таблице); 3 – трубка дистанционная удлиненная (поз. 4 – там же); 5 – фланец опорный (поз. 3 – там же); 6, 7, 8 – втулки наибольшего, среднего и наименьшего диаметра (поз. соответственно 5, 6, 7 – там же).</p>	

Приложение 4 – Адаптеры компрессометра BEST-02DU,
их характеристики и назначение

Адаптеры (номер, тип и конструктивное оформление)	Назначение и характеристики
<p>1. Свечной М 10 × 1,25</p> 	<p>Для легковых и грузовых автомобилей с дизельными двигателями иностранного производства с резьбой на свечах накаливания М 10 × 1,25</p>
<p>2. Свечной М 12 × 1,25</p> 	<p>Для легковых и грузовых автомобилей с дизельными двигателями иностранного производства с резьбой на свечах накаливания М 12 × 1,25</p>
<p>3. Форсуночный М 20 × 1,25</p> 	<p>Для легковых и грузовых автомобилей с дизельными двигателями иностранного производства с резьбой на форсунках М 20 × 1,25</p>
<p>4. Форсуночный М 24 × 2,0</p> 	<p>Для легковых и грузовых автомобилей с дизельными двигателями иностранного производства с резьбой на форсунках М 24 × 2,0</p>
<p>5. Форсуночный «КамАЗ»</p> 	<p>Для всех автомобилей семейства «КамАЗ»</p>
<p>6. Фальшь-форсуночный «Ф-форс»</p> 	<p>Для легковых и грузовых автомобилей с дизельными двигателями, тракторов и самоходных машин отечественного и иностранного производства с резьбой на штуцерах форсунок М 12 × 1,5 и М 14 × 1,5</p>

Приложение 5 – Технологическая карта на измерение компрессии в цилиндрах двигателя трактора МТЗ-80 компрессометром BEST-02DU

Суммарная трудоемкость – 61,3 чел.-мин. (1,02 чел.-час.)

Операции	Технические требования	Приборы и оборудование	Исполнитель	Трудоемкость, чел.-мин.
1. Установить рычаг переключения передач в нейтральное положение и затормозить трактор стояночным тормозом	Рычаг переключения передач должен свободно перемещаться в поперечном направлении, рычаг стояночного тормоза должен быть установлен в крайнее переднее положение и зафиксирован	МТЗ-80	Тракторист	1,0
2. Проверить состояние аккумуляторной батареи, выполнить операции по ТО воздушного фильтра, измерить тепловые зазоры	Аккумуляторная батарея должна быть заряжена, фильтр чистым, тепловые зазоры соответствовать номинальному значению	Вилка нагрузочная, щупы, набор гаечных ключей	Диагност, тракторист	20,0
3. Запустить дизель и прогреть его до номинального теплового режима	Температура охлаждающей жидкости должна быть от плюс 80 до 90 °С	МТЗ-80	Тракторист	5,0
4. Отключить подачу топлива	Педаля управления подачей топлива должна находиться в крайнем заднем положении	МТЗ-80	Тракторист	0,5
5. Снять форсунку только с проверяемого цилиндра	В соответствии с Руководством по эксплуатации трактора МТЗ-80	Набор гаечных ключей	Тракторист	3,5
6. Провернуть коленчатый вал дизеля пусковым двигателем	Вал поворачивать до прекращения появления из камеры сгорания (цилиндра) следов копоти	МТЗ-80	Тракторист	0,5

Операции	Технические требования	Приборы и оборудование	Исполнитель	Трудоемкость, чел.-час.
7. Установить в форсуночное отверстие форсунку-адаптер и присоединить к ее штуцеру компрессометр	Все соединения должны быть герметичными	BEST-02DU, набор гаечных ключей	Диагност	4,0
8. Включить ПД и зафиксировать по манометру максимальное давление	Показания снимать в момент полного прекращения перемещения стрелки	МТЗ-80, BEST-02DU	Диагност	0,5
9. Сбросить показания манометра	Винт вентиля должен быть слегка ослаблен – вывинчен на четверть оборота	BEST-02DU	Диагност	0,2
10. Провести аналогичные измерения компрессии в других цилиндрах, повторив операции 5 - 9	По п.п. 5 - 9	По п.п. 5 - 9	По п.п. 5 - 9	26,1
<p><i>Примечание</i> – Компрессия в цилиндрах дизеля должна быть: номинальная – 28, предельная – 22 кгс/см²; разница компрессии по цилиндрам – не более 2 кгс/см².</p>				

Приложение 6 - Взаимосвязь качественных признаков нарушения работоспособности дизеля с неисправностями его систем и механизмов (по А.А.Сельцеру)

Возможные неисправности систем и механизмов (обобщенные признаки)	Качественные признаки нарушения работоспособности дизеля:										
	при пуске		характер работы		характер выпуска			сопутствующие признаки			
	Не пускается	Трудный пуск	Неравномерная работа без перебоев	Перебои в работе	Черный дым при любой частоте вращения	Черный дым только при номинальной частоте вращения	Белый дым (на прогретом дизеле)	Стуки	Самопроизвольный останов	Не обеспечивается номинальная мощность	Повышенный расход топлива
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Подсос воздуха в систему топливоподдачи	+	+		+					+	+	
2. Вода в топливе	+	+		+			+		+	+	
3. Нарушение параметров впрыскивания топлива форсунками	+	+	+	+	+					+	+

Продолжение приложения 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4. Топливный насос высокого давления (ТНВД) не обеспечивает рабочее давление впрыскивания при пуске дизеля	+	+		+						+	
5. Пониженное давление топлива, подаваемого к ТНВД	+	+		+					+	+	
6. Не работает или плохо работает отдельный цилиндр		+		+			+	+		+	
7. Негерметичность камеры сгорания цилиндров		+	+	+			+	+		+	+
8. Не обеспечивается достаточное наполнение цилиндров воздухом		+				+				+	+
9. Негерметичность рубашки охлаждения блока и головки		+		+			+			+	
10. Угол начала подачи топлива: меньше номинального; больше номинального		+			+				+	+	+
11. Неравномерность подачи топлива секциями ТНВД			+							+	
12. Максимальная подача топлива ТНВД: завышена занижена						+				+	+
13. Недостаточная чувствительность регулятора частоты вращения			+						+	+	+

Приложение 7 - Основные неисправности двигателя при рядовой эксплуатации и методы их устранения (по данным ГОСНИТИ)

Неисправности и их внешнее проявление	Вероятная причина	Метод устранения
<i>Пусковые устройства</i>		
Пусковой двигатель не запускается.	<p>1. Нет подачи топлива</p> <p>2. Не воспламеняется рабочая смесь</p>	<p>Проверить наличие топлива в баке, поступление в карбюратор и исправность карбюратора</p> <p>Проверить состояние провода высокого напряжения, работу магнето и свечи, угол опережения зажигания</p>
Повышенное дымление на выхлопе.	<p>1. В топливной смеси большой процент масла</p> <p>2. Поздний угол опережения зажигания</p> <p>3. Разрегулирован карбюратор</p> <p>4. Большой износ деталей цилиндропоршневой группы</p>	<p>Слить из топливного бака смесь и залить новую, строго соблюдая соотношение бензина и масла</p> <p>Проверить угол опережения зажигания и установить требуемый</p> <p>Отрегулировать карбюратор</p> <p>Заменить изношенные детали цилиндропоршневой группы</p>
Не проворачивается коленчатый вал дизеля при работающем пусковом двигателе	<p>1. Не включена шестерня механизма включения редуктора</p> <p>2. Пробуксовывает муфта сцепления редуктора</p>	<p>Заглушить пусковой двигатель и включить шестерню механизма включения редуктора</p> <p>Отрегулировать муфту сцепления редуктора согласно руководства по эксплуатации</p>
Стартер вращается, но не проворачивает двигатель	Пробуксовывает муфта свободного хода	Заменить муфту
Генератор не дает зарядного тока или дает малый ток	<p>1. Слабо натянут приводной ремень</p> <p>2. Обрыв цепи «генератор – аккумуляторная батарея»</p> <p>3. Неисправен амперметр</p>	<p>Проверить натяжение ремня</p> <p>Прозвонить цепь и устранить неисправность</p> <p>Заменить амперметр</p>

Неисправности и их внешнее проявление	Вероятная причина	Метод устранения
	4. Самопроизвольно срабатывает реле защиты, реле регулятора 5. Понижилось регулируемое напряжение 6. Обрыв или замыкание в цепи стартерных обмоток или обмоток генератора	Отрегулировать реле защиты Отрегулировать напряжение Заменить генератор
Аккумуляторная батарея быстро разряжается	1. Неправильно подсоединены провода в цепи «генератор - реле-регулятор - амперметр - аккумуляторная батарея» 2. Неисправен реле-регулятор или генератор 3. Неисправны элементы аккумуляторной батареи	Подключить провода в соответствии со схемой Проверить наличие зарядного тока, исправность амперметра Заменить аккумуляторную батарею
При повороте выключателя не включается стартер	1. Сильно окислены штыри аккумулятора и наконечники проводов в цепи стартера 2. Неисправен выключатель стартера 3. Неисправно тяговое реле	Проверить состояние контактных соединений на аккумуляторной батарее Заменить выключатель Отрегулировать или заменить реле
При включении стартера слышны повторяющиеся щелчки тягового реле и удары шестерни о венец маховика	1. Отсутствует надежный контакт в цепи «аккумуляторная батарея – стартер» 2. Разряжена или неисправна аккумуляторная батарея	Осмотреть контактные соединения в цепи «стартер - аккумуляторная батарея» и устранить неисправность Подзарядить или заменить аккумуляторную батарею

Неисправности и их внешнее проявление	Вероятная причина	Метод устранения
<i>Дизель</i>		
<p>Двигатель не запускается (при прокручивании коленчатого вала пусковым устройством с частотой не менее 166 оборотов в мин и полной подаче топлива двигатель не дает вспышек)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. В систему топливоподачи попал воздух 2. Негерметичность перепускного клапана ТНВД (см. ниже) 3. Загрязнение фильтрующих элементов тонкой очистки топлива 4. Выход из строя подкачивающего насоса 	<p>Прокачать систему насосом ручной подкачки</p> <p>Промыть клапан или заменить его</p> <p>Проверить или заменить фильтрующие элементы</p> <p>Проверить, отрегулировать или заменить насос</p>
<p>При запуске двигателя дает отдельные вспышки или работает с перебоями, неравномерно или с белым дымом</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. В систему топливоподачи попал воздух 2. Неправильно установлен угол начала подачи топлива 3. Некачественная работа форсунок 4. Неисправен топливный насос высокого давления или подкачивающий насос 5. В цилиндры двигателя попала вода 	<p>Устранить подсос воздуха в систему и прокачать ее для удаления воздуха</p> <p>Отрегулировать угол начала подачи топлива</p> <p>Проверить форсунки методом отключения</p> <p>Проверить топливный насос или отправить его в мастерскую на ремонт</p> <p>Установить причину и устранить ее</p>
<p>Коленчатый вал легко проворачивается от руки</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неправильно отрегулирован тепловой зазор в клапанах 2. Изношены или залегли поршневые кольца 3. Подгорели фаски клапанов и седла в головке цилиндров 	<p>Проверить и отрегулировать зазоры в ГРМ</p> <p>Промыть кольца, не снимая их с поршней, в случае необходимости заменить</p> <p>Притереть клапаны</p>
<p>Двигатель плохо запускается, наблюдается большой угар масла</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Закоксовались поршневые кольца 2. Поршневые кольца имеют большой износ 	<p>Промыть кольца в керосине, не снимая их с поршней</p> <p>Заменить кольца</p>

Неисправности и их внешнее проявление	Вероятная причина	Метод устранения
<p>Двигатель не развивает полной мощности</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Не обеспечивается полная подача топлива из-за неправильной регулировки тяг управления насосом 2. Загрязнены фильтрующие элементы тонкой очистки топлива 3. Некачественная работа форсунок 4. Неправильно установлен угол начала подачи топлива 5. Не исправен топливный насос высокого давления (ТНВД) 6. Снизилось давление наддува турбокомпрессора 	<p>Отрегулировать тягу управления насосом</p> <p>Проверить загрязненность фильтров и при необходимости заменить</p> <p>Проверить форсунки и при необходимости заменить распылители</p> <p>Установить требуемый угол начала подачи топлива, предварительно проверив его</p> <p>Снять ТНВД и направить на ремонт или регулировку</p> <p>Проверить турбокомпрессор и устранить неисправность</p>
<p>Двигатель дымит, из выхлопной трубы идет черный дым</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Двигатель работает на некачественном топливе 2. Засорился воздухоочиститель 3. Неправильно установлен угол начала подачи топлива 4. Увеличенная цикловая подача топлива 5. Утечка воздуха из компрессора через соединения 6. Утечка выхлопных газов до турбины 	<p>Проверить качество топлива и при необходимости заменить его</p> <p>Проверить засоренность воздухоочистителя и при необходимости промыть кассеты или заменить их</p> <p>Установить требуемый угол начала подачи топлива</p> <p>Проверить и отрегулировать цикловую подачу топлива насосом</p> <p>Подтянуть крепление и устранить утечку</p> <p>Устранить утечку газов</p>

Неисправности и их внешнее проявление	Вероятная причина	Метод устранения
	7. Разрегулировка тепловых зазоров в газораспределительном механизме 8. Наличие препятствий выходу газов из выхлопной трубы	Проверить и отрегулировать тепловые зазоры в ГРМ Устранить препятствие
Из выхлопной трубы идет белый дым	1. Двигатель загружен без предварительного прогрева 2. В топливо попала вода 3. Низкая компрессия в цилиндрах	Прогреть двигатель Проверить наличие воды в топливе и заменить его Проверить компрессию в цилиндрах и устранить неисправность
Из выхлопной трубы идет синий дым	1. Попадание масла в камеру сгорания из-за высокого уровня его в картере 2. Предельный износ цилиндропоршневой группы 3. Предельный износ направляющей втулки стержня клапана	Слить масло из картера до нормального уровня (по верхнюю метку щупа) Проверить износ ЦПГ и устранить неисправность Проверить зазор между отверстием втулки и стержнем клапана, при необходимости заменить головку цилиндров
Двигатель работает «жестко», слышатся резкие стуки в верхней части блока	1. Не правильно установлен угол начала подачи (слишком ранняя подача) 2. Увеличенное давление впрыска топлива форсункой	Проверить и установить требуемый угол начала подачи топлива Проверить «жесткую» работу двигателя по цилиндрам методом отключения подачи топлива форсункой и при необходимости отрегулировать форсунку
Стук под колпаком головки цилиндров, хорошо прослушива-	Слишком большие зазоры в клапанах	Проверить тепловые зазоры в клапанах и установить нормальные

Неисправности и их внешнее проявление	Вероятная причина	Метод устранения
ется на малой частоте вращения двигателя		зазоры
Звонкий стук, хорошо прослушиваемый в верхней части цилиндров при резком изменении частоты вращения двигателя	<p>1. Стук пальцев при увеличенном зазоре в верхней головке шатуна</p> <p>2. Стук поршня о цилиндр при перекладке его (большой износ сопряжения: поршень-гильза цилиндра)</p>	<p>Разобрать цилиндро-поршневую группу, проверить и заменить изношенные детали</p> <p>Заменить поршни или цилиндры двигателя</p>
Глухие стуки, прослушиваемые в нижней части блока цилиндров	Износ или выход из строя вкладышей шатунных и коренных подшипников	Проверить состояние вкладышей и шеек коленчатого вала, устранить неисправность
Двигатель перегревается, указатель температуры воды показывает температуру выше допустимой	Неисправный указатель или датчик температуры	Проверить температуру воды контрольным прибором, в случае необходимости неисправный прибор заменить
Вода в радиаторе кипит	<p>1. Закрыта шторка радиатора</p> <p>2. Засорилась сетка или соты радиатора</p> <p>3. Ослаблено натяжение ремня вентилятора</p> <p>4. Система охлаждения не полностью заправлена водой</p> <p>5. Большое отложение накипи в системе охлаждения (см. ниже)</p> <p>6. Двигатель длительное время работает с перегрузкой</p> <p>7. Поздний угол момента начала подачи топлива, некачественный распыл топлива форсунками</p>	<p>Открыть шторку</p> <p>Очистить радиатор от грязи</p> <p>Проверить натяжение ремня и отрегулировать его</p> <p>Проверить уровень воды в системе и долить воду, устранить течь</p> <p>Очистить и промыть систему охлаждения специальным раствором</p> <p>Уменьшить нагрузку на двигатель</p> <p>Проверить и отрегулировать момент начала подачи топлива и качество распыла топлива распылителем форсунки</p>

Неисправности и их внешнее проявление	Вероятная причина	Метод устранения
Двигатель переохлаждается	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая температура окружающего воздуха 2. Отсутствует или неисправен термостат в системе охлаждения 	<p>Прикрыть шторкой радиатор, утеплить двигатель, установить чехол на радиатор</p> <p>Проверить наличие термостата, его исправность или установить его в систему охлаждения</p>
Манометр не показывает давление масла в системе	<ol style="list-style-type: none"> 1. Засорена трубка манометра или манометр вышел из строя 2. Нарушена работа маслонасоса или маслоприемника из-за засорения сетки маслоприемника 	<p>Продуть и прочистить трубку манометра, проверить давление в системе контрольным манометром, при необходимости манометр заменить</p> <p>Снять поддон и очистить сетку маслоприемника</p>
Манометр показывает малое давление	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уровень масла в картере ниже допустимого 2. Засорен фильтрующий элемент фильтра турбокомпрессора 3. Неисправны приборы, показывающие давление масла 4. Нарушена регулировка или сломана пружина сливного клапана 5. Разрегулирована или сломана пружина редукционного клапана нагнетательной секции 	<p>Проверить маслоизмерителем уровень масла в картере и при необходимости долить масло</p> <p>Проверить состояние и при необходимости промыть фильтрующий элемент</p> <p>Проверить приборы, неисправные заменить</p> <p>Проверить затяжкой работу сливного клапана, в случае необходимости заменить пружину</p> <p>Отрегулировать клапан, при необходимости заменить пружину</p>

Неисправности и их внешнее проявление	Вероятная причина	Метод устранения
	6. Большой износ шатунных и коренных подшипников коленчатого вала	Проверить и заменить шатунные подшипники, при необходимости шлифовать шейки коленчатого вала

Приложение 8 – Критерии и диагностические признаки предельного состояния двигателей и их составных частей

Двигатель и его составные части	Критерии и признаки предельного состояния
Двигатель в сборе	<p>1. Предельное состояние блока цилиндров – при неисправностях, при которых требуется их замена или ремонт с демонтажем и полной разборкой.</p> <p>2. Предельное состояние коленчатого вала, определяемое предельным износом или механическими повреждениями, требующими его замены или шлифовки (по предельному зазору в сопряжении «шейка вала – вкладыш»).</p> <p>3. Предельный расход масла на угар или предельная интенсивность прорыва газов в картер, не устраняемые заменой комплекта поршневых колец.</p> <p>Допускается одноразовая замена гильз и поршней не более 25 % цилиндров (для шестицилиндровых дизелей – двух цилиндров) при остаточном ресурсе не менее 1 тыс. моточасов.</p>
Головка цилиндров в сборе	<p>1. Трещины по перемычкам клапанных гнезд или предельная неплоскостность рабочей поверхности (предельное время падения давления воздуха, подаваемого в систему охлаждения прогретого двигателя).</p> <p>2. Предельный износ гнезд клапанов.</p>
Турбокомпрессор	<p>1. Предельное состояние корпуса турбины или среднего корпуса турбокомпрессора.</p> <p>2. Трещины усталости или предельный износ колеса турбины с валом.</p> <p>3. Предельное увеличение зазора в сопряжении «вал колеса турбины – подшипник».</p>
Воздухоочиститель	<p>1. Предельное состояние корпуса</p> <p>2. Неустраняемые или требующие заварки повреждения кожуха и циклонов.</p>

<p>Двигатель и его составные части</p>	<p>Критерии и признаки предельного состояния</p>
<p>Топливный насос высокого давления (в сборе с регулятором)</p>	<p>1. Предельный износ не менее 50 % плунжерных пар (по предельному давлению, развиваемому плунжерной парой).</p> <p>2. Предельный износ корпуса топливного насоса, определяемый предельным износом направляющих отверстий под толкатели плунжера и (или) рейку.</p> <p>3. Предельный износ кулачкового вала, определяемый предельным износом кулачков и опорных шеек.</p> <p>4. Предельный износ сопряжений регулятора и механизма управления подачей топлива.</p> <p>Диагностические параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> • предельное значение степени нечувствительности регулятора; • предельное значение степени неравномерности регулятора, не устраняемое регулировкой; • приведенный к рейке суммарный зазор в сопряжениях, определяемый по свободному осевому перемещению рейки при фиксированном положении рычага управления регулятором.
<p>Топливоподкачивающий насос</p>	<p>Предельный зазор в сопряжении «корпус насоса – поршень» (по максимальному давлению, развиваемому насосом).</p>
<p>Пусковой двигатель с редуктором</p>	<p>Предельное состояние пускового двигателя.</p>
<p>Пусковой двигатель</p>	<p>Предельное состояние коленчатого вала, определяемое предельным износом или механическими повреждениями, при которых требуется его замена или ремонт (по предельному зазору в сопряжениях коленчатого вала).</p>

Двигатель и его составные части	Критерии и признаки предельного состояния
Редуктор пускового двигателя	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предельное состояние картера. 2. Предельный износ шлицев и посадочных мест под подшипники вала.
Масляный насос	Предельный износ корпуса и шестерен насоса (по предельному значению подачи).
Водяной насос	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предельное состояние корпуса. 2. Повреждения вала насоса, требующие его замены или ремонта.
<p><i>Примечание</i> – При наработке от начала эксплуатации более 3 тыс. моточасов незначительный остаточный ресурс ($400 < t_{\text{ост}} < 1000$ моточасов) дизеля использовать нецелесообразно, если для обеспечения его работоспособности в течение этой наработки необходимо отремонтировать две или более из следующих составных частей: цилиндропоршневая группа отдельного цилиндра; головка цилиндров; пусковой двигатель с редуктором.</p>	

Л и т е р а т у р а

Аллилуев В.А., Ананьин А.Д., Морозов А.Х. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка. – М.: Агропромиздат, 1987.

Ачкасов К.А., Вегера В.П. Ремонт приборов системы питания и гидравлической системы тракторов, автомобилей и комбайнов. Учебник для сред. сел. проф.-техн. училищ. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. школа, 1981.

Бельских В.И. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов. – М.: Россельхозиздат, 1986.

Губертус Гюнтер. Диагностика дизельных двигателей. Серия «Автомеханик». Пер. с нем. Ю.Д.Грудского. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004.

Гуревич А.М., Зайцев Н.В. Справочник сельского автомеханика. – М.: Росагропромиздат, 1990.

Иофинов С.А., Бабенко Э.П., Зуев Ю.А. Справочник по эксплуатации машинно-тракторного парка. – М.: Агропромиздат, 1985.

Иофинов С.А., Гевейлер Н.Н. Контроль работоспособности трактора. – Л.: Машиностроение, 1985.

Колчин А.В., Бобков Ю.К. Новые средства и методы диагностирования автотракторных двигателей. – М.: Колос, 1982.

Ксеневич И.П. Тракторы МТЗ-100 и МТЗ-102. – М.: Агропромиздат, 1986.

Ленский А.В. Специализированное техническое обслуживание машинно-тракторного парка. – М.: Росагропромиздат, 1989.

Ленский А.В., Якорский Г.В. Справочник тракториста-машиниста. – М.: Росагропромиздат, 1990.

Патент 2231674 РФ. Тестер топливной аппаратуры дизеля / В.Н.Хабардин и др. – Оpubл. в Б.-н. № 18, 2004.

Патент 2240440 РФ. Тестер топливного насоса дизеля / В.Н.Хабардин, С.В.Хабардин – Оpubл. в Б.-н. № 32, 2004.

Патент 2241137 РФ. Тестер для диагностирования форсунок и измерения компрессии в цилиндрах двигателя / В.Н.Хабардин, А.Ф.Найдыш, С.А.Петухов – Оpubл. в Б.-н. № 32, 2004.

Патент 2251019 РФ. Универсальный топливопровод высокого давления демпфирующий / В.Н.Хабардин и др. – Оpubл. в Б.-н. № 12, 2005.

Патент 2268459 РФ. Компрессометр с беспружинным клапаном / В.Н.Хабардин и др. – Оpubл. в Б.-н. № 02, 2006.

Патент 2411485 РФ. Устройство для нагружения автотранспортного средства при его испытании в тяговом режиме трогания с места / Хабардин С.В., Бородин С.Г. – Оpubл. в Б.-н. № 4, 2011

Патент 2430339 РФ. Способ определения тяговой мощности транспортного средства при его испытании в тяговом режиме трогания с места / Хабардин В.Н., Хабардин С.В. – Оpubл. в Б.-н. № 27, 2011

Патент 2430340 РФ. Способ определения эффективной мощности двигателя транспортной машины при ее испытании в тяговом режиме

трогания с места / Хабардин В.Н., Хабардин С.В. – Оpubл. в Б.-н. № 27, 2011

Руководство по оценке состояния топливной аппаратуры высокого давления дизелей сельскохозяйственных машин с помощью механотестера КИ-5918 в эксплуатационных условиях. – М.: ГОСНИТИ, 1993.

Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании и ремонте тракторов и сельскохозяйственных машин / А.Э.Северный, Д.С.Буклагин, В.М.Михлин и др. Под рук. академика В.И.Черноиванова – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001.

Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: Учебник для нач. проф. образования / В.В. Курчаткин, В.М. Тараторкин, А.Н. Батищев и др.; Под редакцией В.В.Курчаткина. – М.: Издательский центр «Академия», 2003.

Технологические карты по диагностированию и прогнозированию остаточного ресурса сельскохозяйственных машин. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2000.

Технологическое руководство по определению компрессии в цилиндрах дизельных и карбюраторных двигателей с применением универсального компрессометра КИ-28125. – М.: ГОСНИТИ, 2004.

Технологическое руководство по диагностированию тракторов и самоходных сельскохозяйственных комбайнов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006.

Трактор ДТ-75МЛ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Алма-Ата: Кайнар, 1988.

Тракторы «Беларусь» МТЗ-100, МТЗ-102, МТЗ-80, МТЗ-82. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Минск: Ураджай, 1987.

Универсальный компрессометр (для дизельных и карбюраторных ДВС) КИ-28125. Паспорт 28125 ПС. – М.: ГОСНИТИ, 2004.

Хабардин В.Н., Хабардин С.В. Определение эффективной мощности двигателя при испытании трактора в тяговом режиме движения с места // Вестник КрасГАУ. – 2009. - № 12

Хабардин В.Н. Приборы и комплекты ТАД для диагностирования. // Сельский механизатор. – 2005. - № 11 (6).

Хабардин В.Н., Найдыш А.Ф., Петухов С.А., Перфильева Т.П., Хабардин С.В. Новые средства и методы диагностирования топливной аппаратуры дизелей // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. - № 5 (28).

Хабардин В.Н. Практикум по основам технической эксплуатации машинно-тракторного парка. Учебное пособие. Иркутск: ИрГСХА, 2006.

Хабардин С.В. Варианты тяговых испытаний тракторов и их выбор / С.В. Хабардин // Вестник ИрГСХА. – 2012. - № 52

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Работа № 1. Подготовка автотракторных двигателей к техническому диагностированию и определение их общего состояния по внешним признакам.....	5
Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности.....	5
Материалы для изучения и порядок выполнения работы	7
Работа № 2. Приборы и комплекты «BEST» и «ТАД» для технического диагностирования автотракторных двигателей...	19
Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности.....	19
Материалы для изучения и порядок выполнения работы.	20
Работа № 3. Определение компрессии и остаточного ресурса автотракторных двигателей компрессометрами типа «BEST» и КИ-28125.....	33
Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности.....	33
Материалы для изучения и порядок выполнения работы.	34
Работа № 4. Экспериментальные исследования влияния конструктивных параметров компрессометра и теплового режима двигателя на величину компрессии.....	60
Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности.....	60
Материалы для изучения и порядок выполнения работы	62
Работа № 5. Диагностирование элементов топливоподачи низкого давления дизельтестером ТАД-01НД.....	82
Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности.....	82
Материалы для изучения и порядок выполнения работы	84
Работа № 6. Диагностирование топливного насоса высокого давления дизельтестером ТАД-01А.....	93
Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности.....	93
Материалы для изучения и порядок выполнения работы	95
Работа № 7. Диагностирование форсунок дизельтестером ТАД-02А и механотестером КИ-5918.....	112

	Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности.....	112
	Материалы для изучения и порядок выполнения работы.	114
Р а б о т а № 8.	Тяговый метод определения мощностных показателей тракторов при трогании с места под нагрузкой.....	137
	Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности.....	137
	Материалы для изучения и порядок выполнения работы	138
Р а б о т а № 9.	Поиск неисправностей автотракторных дизельных двигателей.....	148
	Методические указания по выполнению работы и правила техники безопасности.....	148
	Материалы для изучения и порядок выполнения работы	150
Приложения.....		175
Литература.....		204

Василий Николаевич Хабардин

Практикум по диагностированию автотракторных двигателей
Учебное пособие.

Лицензия ЛР № 070444 от 11.03.98.

Подписано в печать 27.06.16 г.

Формат 60x84. Печ. л. 13,4

Тираж 500 экз.



Издательство Иркутского государственного
аграрного университета им. А.А. Ежевского
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н,
пос. Молодежный