

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Тракторы»

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ МАШИН

Практикум для студентов
специальности 1-37 01 03 «Тракторостроение»

Минск
БНТУ
2012

УДК 631.3 (075.8)

ББК 40.72я7

Д 44

С о с т а в и т е л и:

В.П. Бойков, А.И. Бобровник,

А.И. Рахлей, В.А. Коваль

Р е ц е н з е н т ы:

Ю.Д. Карпиевич, А.И. Сафонов

Д 44 Диагностика технического состояния машин: практикум для студентов специальности 1-37 01 03 «Тракторостроение» / сост.: В.П. Бойков [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – 116 с.

Изложены основы технического диагностирования тракторов, рассмотрены современные методы диагностики и контроля технического состояния систем и агрегатов тракторов, представлены методики распознавания технического составных частей трактора и его систем и анализ диагностических параметров технического состояния.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. Техническое диагностирование машин. | 5 |
| 1.1. Основные термины и определения. | 5 |
| 1.2. Значение и место диагностирования в системе технического обслуживания машин. | 10 |
| 1.3. Цель и основные задачи диагностирования. | 12 |
| 2. Закономерности изменения состояния и диагностирование тракторов. | 14 |
| 2.1. Отказы и неисправности. | 14 |
| 2.2. Управление техническим состоянием тракторов. | 17 |
| 2.3. Диагностирование как основа управления состоянием машин. | 18 |
| 3. Теоретические основы диагностики машин. | 20 |
| 3.1. Выбор диагностируемых объектов и структурных параметров машин. | 20 |
| 3.2. Выбор диагностических параметров машин. | 21 |
| 3.3. Определение оптимальных погрешностей измерения при диагностировании. | 22 |
| 3.4. Создание контрольно-диагностических приборов и оборудования. | 23 |
| 4. Неисправности двигателей внутреннего сгорания. | 25 |
| 4.1. Неисправности цилиндро-поршневой группы. | 25 |
| 4.2. Неисправности кривошипно-шатунного механизма. | 26 |
| 4.3. Неисправности газораспределительного механизма. | 27 |
| 4.4. Неисправности системы питания. | 28 |
| 4.5. Неисправности системы смазки. | 30 |
| 4.6. Неисправности системы охлаждения. | 31 |
| 4.7. Неисправности системы пуска двигателя. | 32 |
| 4.8. Диагностирование цилиндро-поршневой группы. | 34 |
| 4.9. Диагностирование кривошипно-шатунного механизма. | 37 |
| 4.10. Диагностирование механизма газораспределения. | 39 |
| 4.11. Диагностирование системы питания. | 43 |
| 4.12. Диагностирование системы смазки. | 50 |
| 4.13. Диагностирование системы охлаждения. | 53 |
| 4.14. Диагностирование двигателей по анализу отработавшего масла. | 56 |

| | |
|---|------------|
| 5. Методы и средства диагностирования трансмиссий и механизмов управления тракторов. | 58 |
| 5.1. Диагностирование трансмиссий. | 59 |
| 5.2. Диагностирование механизмов управления и тормозов. | 65 |
| 6. Диагностирование гидросистем тракторов. | 68 |
| 6.1. Отказы и неисправности гидросистем. | 68 |
| 6.2. Параметры состояния гидравлических систем. | 69 |
| 6.3. Основные неисправности гидронавесных систем тракторов. | 70 |
| 6.4. Характерные неисправности раздельно-агрегатной системы и навесного устройства тракторов МТЗ-80/82, МТЗ-1005/1025, оборудованных силовым (позиционным) регулятором. | 75 |
| 6.5. Проверка гидронавесной системы внешним осмотром. | 79 |
| 6.6. Диагностирование гидросистем и их агрегатов. | 81 |
| 7. Диагностирование электрооборудования тракторов. | 87 |
| 7.1. Диагностирование агрегатов электрооборудования. | 87 |
| 7.2. Проверки и диагностика генераторных установок. | 89 |
| 7.3. Проверки и диагностика стартеров. | 98 |
| 7.4. Проверки потребителей электрической энергии. | 100 |
| 8. Виброакустическая диагностика машин. Формирование вибраций двигателя внутреннего сгорания. | 102 |
| 8.1. Выделение и формирование вибрационных диагностических параметров. | 103 |
| 8.2. Оценка приработки деталей по вибрационным параметрам. | 104 |
| 9. Разработка технологий диагностирования тракторов. | 105 |
| 9.1. Этапы разработок. | 105 |
| 9.2. Технология диагностирования элемента по параметру. | 106 |
| 9.3. Технология диагностирования элемента по совокупности параметров. | 110 |
| 9.4. Технология диагностирования механизма. | 113 |
| 9.5. Технология диагностирования трактора в целом. | 114 |
| Литература. | 116 |

1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МАШИН

1.1. Основные термины и определения

Техническая диагностика – отрасль знаний, исследующая техническое состояние объектов с целью разработки методов и средств, определяющих показатели работы и техническое состояние машин по прямым и косвенным диагностическим параметрам без разборки сборочных единиц и агрегатов.

Техническое состояние – это совокупность свойств, подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации машины. Техническое состояние характеризуется признаками, установленными технической документацией.

Результатом диагностирования является **диагноз** – т. е. заключение о техническом состоянии той или иной машины или агрегата. При необходимости указываются место, вид и причина дефекта.

Различают несколько видов технического состояния изделия: исправное и неисправное, работоспособное и неработоспособное, а также предельное.

Работоспособное – состояние изделия, при котором значения всех параметров, характеризующих способность изделия выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической документации. Несоответствие хотя бы одного такого параметра указанным требованиям переводит объект в *неработоспособное* состояние.

Исправное – это состояние, при котором изделие (машина) соответствует всем основным требованиям технических условий (ТУ), определяющих его качество. Если машина не соответствует хотя бы одному из таких требований, она считается *неисправной*.

Свойства изделия, характеризующие возможность нормально выполнять возложенные на него функции в определенных условиях эксплуатации, называются *основными*.

Из приведенных определений следует, что к *работоспособному* состоянию машины предъявляются только основные требования, характеризующие ее нормальную работу в данных условиях, а для *исправного состояния* – как основные, так и неосновные. Если машина исправна, то она будет работоспособной. Например, если у трактора повреждено лакокрасочное покрытие или помята обли-

цовка, то его можно использовать по назначению в соответствии с требованиями ТУ на такое применение (обеспечение управляемости, проходимости, тягового усилия при нормальном расходе топлива и т. д.), т. е. машину считают работоспособной.

В то же время такой трактор считается неисправным, так как он не соответствует требованиям нормативно-технической документации (НТД), хотя и не по основному требованию, а только по внешнему виду.

Предельное – это состояние изделия (машины), при котором его восстановление либо дальнейшее использование по назначению недопустимо или нецелесообразно.

Отказ приводит к полной или частичной утрате работоспособности машины в процессе ее эксплуатации, т. е. при отказе нарушаются основные параметры, характеризующие нормальную работу машины. Сборочные единицы или детали, вызвавшие отказ или неисправность машины, называют **дефектными**.

Различают следующие виды отказов: *частичные, полные, ресурсные, нересурсные, приработочные, внезапные, износные*.

Техническое состояние изделия оценивается параметрами состояния его составных частей, которые делятся на *структурные* и *диагностические*.

Параметры состояния – физические величины, характеризующие работоспособность или исправность объекта диагностирования и изменяющиеся в процессе его работы.

Структурные параметры непосредственно характеризуют работоспособность механизмов машины (зазоры и натяги в сопряжениях, износы, геометрическую форму и т. д.).

Диагностические параметры косвенно характеризуют работоспособность или исправность машины (давление и расход топлива и масла; температура масла, охлаждающей жидкости, корпусных деталей; время подъема навесной машины; усадка штока силового цилиндра гидронавесной системы и т. п.).

Определение (контроль) диагностических параметров, как правило, не требует разборки агрегата.

Контроль по структурным параметрам широко используют при ремонте (при проведении *дефектации*).

Диагностическим параметром можно считать такой, который связан со структурным параметром определенной закономерностью.

Например, давление в системе смазки ДВС (диагностический параметр) зависит от зазоров в подшипниках коленчатого и распределительного валов (структурный параметр); скорость самопроизвольного опускания поднятого орудия (диагностический параметр) зависит от износов силового цилиндра гидросистемы и распределителя (структурный параметр).

При техническом диагностировании устанавливают количественное значение параметров состояния.

В процессе технического диагностирования используют как *параметры*, так и *признаки неисправностей*. Параметры несут в себе более полную по сравнению с признаками информацию, так как позволяют оценивать не только техническое состояние изделия в момент контроля, но и возможность дальнейшего его безотказного использования в течение определенного времени.

Количественной мерой параметра состояния является его значение, которое может быть номинальным, нормальным и предельным.

Значение параметра технического состояния изделия или его элемента в начале эксплуатации называют *номинальным* (зазор в сопряжении, давление регулировки клапана).

Допускаемое значение параметра – это значение параметра, при котором обеспечивается безотказная работа составной части трактора до очередного планового диагностирования при высоких технико-экономических показателях.

Значения параметра, не выходящие за пределы допускаемых величин, называют *нормальными*. Они находятся в диапазоне между номинальными и допускаемыми величинами.

Предельное значение параметра – это наибольшее или наименьшее значение параметра, которое может иметь работоспособная составная часть. По достижении предельного значения параметра дальнейшая эксплуатация составной части или машины в целом недопустима ввиду резкого увеличения интенсивности изнашивания сопряжений, чрезмерного снижения экономичности машины или нарушения требований техники безопасности (ТБ).

Достижение предельного значения хотя бы одним из параметров означает, что данная составная часть находится в *предельном состоянии*.

Эти значения устанавливают на основании соответствующих *критериев*.

Технические критерии. К этой группе относятся случаи, когда достигшие предельного состояния детали не могут больше выполнять свои функции по техническим причинам либо когда дальнейшая их эксплуатация приводит к аварийному отказу.

Технико-экономические критерии определяют предельное состояние изделия в том случае, когда в результате изменения технического состояния меняются определенные свойства изделия, снижающие эффективность его использования. Например, с износом цилиндро-поршневой группы ДВС увеличивается расход (угар) картерного масла. Поэтому технико-экономическим расчетом устанавливают, до какого угара масла (в процентах к расходу топлива) экономически целесообразно использовать двигатель, и найденное значение показателя вводят как предельное.

Технологические критерии характеризуют резкое ухудшение качества выполнения работ по причине предельного состояния рабочих органов машин. Например, затупление лемехов плуга приводит к некачественной пахоте, износ дисков сошников сеялки – к неправильной заделке семян.

При техническом диагностировании тракторов часто приходится оценивать состояние отдельных агрегатов по *обобщенным параметрам*.

Обобщенный – это диагностический параметр, характеризующий техническое состояние нескольких составных частей машины, например: эффективная мощность двигателя, удельный расход топлива, время подъема конкретного навесного орудия. Использование обобщенных параметров состояния позволяет в значительной мере снизить трудоемкость диагностирования, особенно при заявочном (внеплановом) техническом обслуживании машины.

Все параметры состояния можно разделить на ресурсные и функциональные.

Ресурсный параметр – это параметр, изменение которого выше предельного значения ведет к утрате работоспособности составной части машины по причине исчерпания ресурса. Этот параметр восстанавливается путем ремонта или замены составной части.

Функциональный параметр – это параметр, изменение которого выше предельного значения также обуславливает утрату работоспособности составной части. Работоспособность восстанавливается при техническом обслуживании машины.

Для оценки технического состояния машины важное значение имеет такой показатель, как *эксплуатационная надежность*.

Надежность – одно из важнейших свойств, характеризующих качество изделия (машины). В соответствии с ГОСТ 27.002–83 под **надежностью** понимают свойство объекта выполнять заданные функции и сохранять свои эксплуатационные показатели в установленных пределах в течение рассматриваемого промежутка времени или требуемой наработки при определенных условиях использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

Надежность изделия характеризуется его безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохранностью.

Безотказность – свойство изделия сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки без вынужденных перерывов на устранение отказов. Характеризуется частотой появления отказов.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта.

Основные показатели долговечности – срок службы и ресурс.

Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации машины до момента возникновения предельного состояния, оговоренного в технической документации, или до списания.

Ресурс – наработка от начала эксплуатации нового или капитально отремонтированного изделия (или его составной части) до наступления предельного состояния, оговоренного в технической документации.

Различают следующие *ресурсы машины*:

- до первого капитального ремонта;
- между капитальными ремонтами;
- полный технический ресурс;
- остаточный ресурс.

Остаточный ресурс – это наработка изделия (или его составной части) от последней проверки его технического состояния до предельного.

Кроме физических и нормативных значений срока службы и технического ресурса применяют также понятие **гарантийных** сро-

ков службы и ресурса, в течение которых завод-изготовитель гарантирует исправность машины и несет материальную ответственность за возникшие неисправности при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации и технического обслуживания.

Ремонтпригодность – свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонта.

К техническому диагностированию применяют термин *контролепригодность*.

Контролепригодность – свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к диагностированию.

Основными показателями эффективности методов и средств диагностирования являются достоверность и точность получаемых результатов.

Достоверность результатов диагностирования характеризует способность методов и средств измерений правильно устанавливать фактическое состояние объекта диагностирования. Достоверность зависит от совершенства методов диагностирования и правильности выбора контролируемых параметров.

Точность результатов диагностирования зависит прежде всего от правильности выбора проверяемых параметров и степени совершенства средств диагностирования, обуславливающих методическую и инструментальную погрешность.

1.2. Значение и место диагностирования в системе технического обслуживания машин

Для поддержания машин в технически исправном состоянии в большинстве отраслей, в том числе и тех, в которых эксплуатируется транспортная техника, предусмотрена **планово-предупредительная система** технического обслуживания и ремонта техники (ТОР).

Система ТОР является комплексом взаимосвязанных положений и норм, которые определяют порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту машины для конкретных условий эксплуатации с целью обеспечения необходимых показателей качества, предусмотренных соответствующей нормативно-технической документацией.

Плановой система ТОР называется потому, что все виды ТО проводятся после строго установленного времени работы машины или после выполнения ею определенной наработки по заранее составленному плану-графику (который имеется в инструкции по эксплуатации машины). Ремонтные работы хотя и планируются, но проводятся по потребности, определяемой после проведения ТО и диагностирования.

Предупредительный характер системы ТОР предусматривает проведение мероприятий, предупреждающих возникновение неисправностей и отказов машин в период их использования.

Однако жесткая регламентация операций ТОР по наработке или расходу топлива часто не соответствует действительному техническому состоянию и особенностям конкретной машины, а также не учитывает особенностей ее эксплуатации. Разнообразные условия эксплуатации (почвенно-климатические, технологические (по видам операций), степень загрузки машины, квалификация персонала и др.) неодинаково влияют на интенсивность износа различных деталей машины. Кроме того, предусмотренные на стадиях проектирования и создания свойства и параметры машины в процессе ее изготовления не воспроизводятся с абсолютной точностью.

Поэтому при постановке техники на плановое обслуживание или ремонт одни машины действительно требуют сложных регулировочных и восстановительных работ, а другие, не выработав полного эксплуатационного ресурса, преждевременно разбираются, регулируются и ремонтируются. Это увеличивает расход запасных частей, нарушает их приработку и влечет за собой преждевременный выход из строя.

Тракторы работают в тяжелых условиях и ко времени планового обслуживания часто имеют предельный износ отдельных узлов и деталей. Если своевременно не обнаружить и не заменить изношенные детали, то это повлечет за собой прогрессирующие износы и преждевременные поломки в машинах. В результате снижаются выработка и межремонтная наработка машин и значительно увеличиваются затраты на их эксплуатацию.

В силу этих причин в настоящее время большое внимание уделяется *совершенствованию* самой системы технического обслуживания, которая приобретает характер комбинированной системы, предусматривающей выполнение одной части операций в обязательном порядке, а другой – по потребности.

Система технического обслуживания машин по состоянию (а не по периодичности) заключается в плановом контроле (т. е. в диагностировании) состояния машин, в их ремонте и обслуживании в зависимости от этого состояния (т. е. по потребности).

Такая плановая организация диагностических работ позволяет:

- более полно использовать технический ресурс агрегатов, узлов и машины в целом и тем самым снизить скорость изнашивания сопряжений;
- уменьшить простои МТА из-за технических неисправностей путем прогнозирования и предупреждения отказов;
- снизить трудоемкость ремонта и технического обслуживания за счет сокращения разборочно-сборочных работ;
- повысить экономические показатели работы машин.

Широкое внедрение диагностирования тракторов в различных категориях хозяйств и организаций является довольно сложной технико-экономической проблемой. Однако нынешний уровень развития науки и техники позволяет с успехом ее решать. Разработанные и создаваемые методы и средства диагностирования базируются на достижениях современной электроники, лазерной спектроскопии, автоматики, виброакустики, приборостроения.

По мере усложнения конструкций тракторов, повышения скоростей их движения, ужесточения требований к надежности агрегатов и безопасности работы актуальность вопросов диагностирования все больше возрастает.

На смену простым диагностическим приборам и средствам приходят более сложные, в том числе электронные тестеры и системы, позволяющие количественно оценить целый комплекс параметров рабочего процесса, износа деталей, зазоров в сопряжениях и других важных показателей, которые необходимы для достоверной оценки технического состояния узлов и агрегатов и для прогнозирования остаточного ресурса их работы.

1.3. Цель и основные задачи диагностирования

В широком смысле *цель диагностирования* заключается в получении информации о техническом состоянии машины, в осуществлении анализа и прогноза этого состояния, в подготовке или приня-

тии действий по управлению техническим состоянием для сохранения оптимальной надежности машины в эксплуатации.

На достижение цели диагностирования направлено решение *задач технического диагностирования*.

Основные задачи диагностирования следующие:

1) нахождение причин отказов узлов, агрегатов или машин в целом;

2) определение фактического технического состояния машины в данный момент времени;

3) выявление необходимости регулировок или замены элементов при техническом обслуживании;

4) определение потребности в текущем или капитальном ремонте;

5) оценка качества выполнения работ при техническом обслуживании и ремонте;

6) прогноз с определенной достоверностью изменения фактического технического состояния для любого момента времени (т. е. прогнозирование остаточного ресурса на основе анализа отказов).

Проблема повышения эффективности диагностирования тракторов может быть успешно решена путем:

– увеличения производительности труда при диагностировании;

– приближения средств диагностирования к объектам диагностирования (т. е. использование их в хозяйствах и организациях, эксплуатирующих тракторы);

– уменьшения затрат на диагностирование и повышения достоверности оценки технического состояния тракторов в целом и их агрегатов;

– оснащения тракторов бортовыми диагностическими средствами.

Реализация этих мероприятий возможна посредством:

– совершенствования методов и средств диагностирования;

– повышения контролепригодности машин;

– разработки новых организационных форм проверки в системе технического обслуживания и ремонта техники (в системе ТОР);

– повышения квалификации специалистов, эксплуатирующих, диагностирующих и ремонтирующих тракторную технику.

2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТРАКТОРОВ

2.1. Отказы и неисправности

При эксплуатации тракторов и любых других машин детали и сопряжения изнашиваются. Трущиеся и посадочные поверхности деталей изменяют свою геометрическую форму. В сопряжениях деталей увеличиваются зазоры и уменьшаются натяги; между деталями нарушаются межцентровые расстояния, возникают перекосы; происходят изменения в ориентации и креплении деталей и механизмов. Перемещается и уменьшается площадь контакта трущихся пар, увеличиваются удельные нагрузки на нее.

Все это в результате ведет к постепенному увеличению *скорости изнашивания трущихся поверхностей*.

В ряде случаев с увеличением износа детали уменьшается ее износостойкость. Это относится к деталям, которые на рабочих поверхностях имеют тонкий слой упрочненного металла (закалка, цементация, наклеп и т. д.).

По мере увеличения зазоров, уменьшения натягов, изменения формы поверхности и структуры материала ухудшаются показатели работы и функционирования машин, падает мощность двигателей, увеличивается расход топлива и масла, наблюдается пробуксовка муфт сцепления, неполное включение и самовыключение зубчатых колес в коробках передач и т. д.

Достижение параметром состояния предельной величины обусловливает **отказ** элемента.

Отказы элементов могут быть *износными* и *внезапными*. Первые характеризуются постепенным изменением одного или нескольких ресурсных или функциональных параметров состояния элемента до предельной величины. Вторые – скачкообразным (мгновенным) изменением параметра до предельной величины.

В процессе диагностирования тракторов в большинстве случаев измеряют *параметры состояния элементов*, приводящие к износным отказам.

При внезапном отказе машины диагностируют в целях выявления места отказа и последующего его устранения. К такому виду отказов относят, например, появление трещин в блоке цилиндров

ДВС и корпусных деталях, поломку пружин клапанов и сцеплений, появление подсоса воздуха во впускном коллекторе двигателя, поломку (выкрашивание) зубьев шестерен и т. д.

Показатели динамики изменения параметра, а также оценку распределения технического ресурса элемента по этому параметру находят по статистическим результатам.

Отклонение параметра состояния элемента в зависимости от наработки (в частности зависимость износа детали от наработки) мож-но отобразить плавной возрастающей кривой (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Зависимость износа детали от наработки

Если взять не один элемент, а несколько, то можно получить несколько кривых, отличающихся друг от друга скоростью изменения параметра.

Такую совокупность плавных (монотонно возрастающих) кривых обычно получают в результате заводских или лабораторных испытаний элементов, работающих при постоянных режимах.

Реальная эксплуатация машины характеризуется неблагоприятными эксплуатационными условиями (большие нагрузки, запыленность воздуха, неправильная регулировка, недостаточная смазка и т. д.). Под влиянием этих факторов изменение параметра состояния происходит по ломаной возрастающей кривой (рис. 2.2.). Современные тракторы являются технически сложными машинами, состоящими из многих десятков узлов и агрегатов и тысяч деталей. Узлы и агрегаты выполняют различные функции, имеют специфические

особенности конструкций, и, следовательно, у них могут проявляться характерные неисправности.

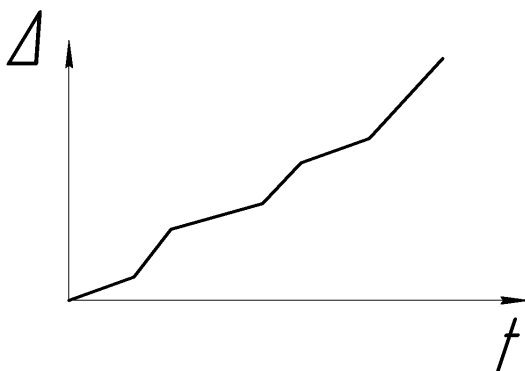


Рис. 2.2. Изменение параметра состояния машины

Эксплуатационнику и разработчику трактора важно научиться определять неисправности как по внешним качественным и количественным признакам, так и с помощью диагностических средств.

В инструкциях по эксплуатации машин, в специальной технической литературе, в том числе и в учебной, приводятся *типовые характерные неисправности*, их внешние проявления, причины и способы устранения. Эти вопросы излагаются применительно к агрегатам, узлам, системам.

Так, например, для двигателя внутреннего сгорания рассматриваются неисправности:

- цилиндрико-поршневой группы;
- кривошипно-шатунного механизма;
- газораспределительного механизма;
- системы питания;
- системы смазки;
- системы охлаждения;
- системы пуска (электростартерного и с запуском от пускового двигателя).

В инструкциях по эксплуатации конкретных моделей тракторов обычно указываются инструмент и принадлежности, необходимые для устранения той или иной неисправности.

2.2. Управление техническим состоянием тракторов

Под **управлением** техническим состоянием машины следует понимать целенаправленные технические действия, предупреждающие отказы и восстанавливающие номинальные значения параметров технического состояния.

Осуществляя технические воздействия в виде регулировок, замены деталей или восстановления их трущихся поверхностей, смазки, обкатки, окраски и т. д., значения ресурсных и функциональных параметров восстанавливают до уровня номинальных. Естественно, что при этом восстанавливается технический ресурс и высокая вероятность безотказной работы составных частей тракторов.

Графически процесс управления техническим состоянием сводится к прерыванию в определенный момент кривых реализаций отклонений ресурсных и функциональных параметров с последующим началом реализаций в начале координат (рис. 2.3).

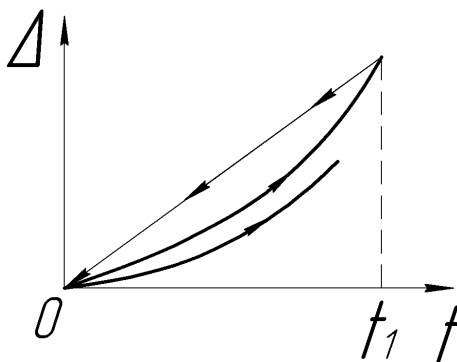


Рис. 2.3. Зависимость отклонений параметра состояния при управлении техническим состоянием (в момент времени t_1 проведена, например, замена деталей)

Цель управления техническим состоянием трактора заключается в сохранении его высокой надежности и эффективности в процессе эксплуатации. В первую очередь это относится к таким показателям надежности, как долговечность (технический ресурс) и безотказность. Показатель ремонтпригодности практически не зависит от технического обслуживания, а задается конструкцией маши-

ны. Показатель сохраняемости может быть оценен той же безотказностью в течение срока сохраняемости.

Управляющими показателями выступают:

- межконтрольная наработка или периодичность обслуживания и ремонта;
- допускаемые без технических воздействий отклонения ресурсных и функциональных параметров;
- погрешность измерения параметров;
- степень восстановления ресурсных и функциональных параметров при ремонте;
- назначаемая наработка до ремонта (остаточный ресурс);
- полный срок службы машины или ее составной части до списания.

Непрерывным условием управления состоянием машины служит знание динамики параметров состояния и прогнозирование их изменения.

Обратная связь в процессе управления техническим состоянием трактора служит:

- для получения информации о показателях надежности и эффективности машины после управления;
- проверки результатов управления путем сравнения ожидаемых оптимальных значений показателей машин с фактическими показателями;
- корректировки управляющих показателей в целях минимизации отклонений, выявленных при сравнении.

2.3. Диагностирование как основа управления состоянием машин

Установление технического состояния тракторов с определенной точностью, т. е. техническое диагностирование, играет очень важную роль в управлении этим состоянием.

В процессе управления техническим состоянием тракторов техническое диагностирование выполняет три основные функции:

- 1) получение информации о техническом состоянии конкретной машины;
- 2) обработка и анализ информации;
- 3) подготовка или принятие решения.

Суть первой функции состоит в измерении диагностических параметров, установлении качественных признаков состояния, а также в определении наработки машины и ее основных частей.

Вторая функция заключается в обработке и сравнении полученных значений параметров с допускаемыми, а также в использовании полученных значений параметров и наработки для прогнозирования остаточного ресурса.

Третья функция предполагает анализ результатов сравнения и прогнозирования, а также качественных признаков состояния и установление характера, объема и срока выполнения (по наработке) операций технического обслуживания и ремонта машин (т. е. управляющих технических воздействий).

Техническое диагностирование обеспечивает получение, обработку, анализ и выдачу информации, необходимой для процесса управления состоянием трактора. Поэтому диагностирование представляет собой основное содержание управления состоянием машин. По своей сути и предназначению диагностирование при рассмотрении его в широком смысле является самим процессом управления техническим состоянием машин.

Применение технического диагностирования обеспечивает направленное изменение не только технического состояния машин, но и самой системы их технического обслуживания и ремонта.

Диагностирование является обязательным условием перехода на прогрессивную *систему технического обслуживания и ремонта тракторов по состоянию*.

В практическом аспекте диагностирование обеспечивает *управление техническим состоянием машин*, решая следующие задачи:

- определение объема и характера работ при выполнении операций технического обслуживания;
- определение объема и характера работ текущего ремонта машины или ее составных частей;
- выявление необходимости капитального ремонта машины или ее составных частей.

Техническое диагностирование является *источником информации* о тракторе, а также о качестве его изготовления, уровне эксплуатации, технического обслуживания и ремонта. Внедрение технического диагностирования является одним из основных направлений прогресса в сферах эксплуатации и ремонта тракторов.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ МАШИН

3.1. Выбор диагностируемых объектов и структурных параметров машин

Диагностирование машины или ее составных частей оправдано, если оно обеспечивает получение существенного положительного эффекта, например, достижение требуемой надежности и безопасности эксплуатации, снижает трудоемкость технического обслуживания и ремонта, сокращает издержки на техническое обслуживание, эксплуатацию и ремонт.

С этой точки зрения одна из основных задач, определяющих направление и содержание последующих разработок в технической диагностике, – это *выбор конкретных объектов и структурных параметров машин для диагностирования*.

Суть этой задачи состоит в том, что:

- необходимо из большого числа объектов и структурных параметров машины выявить элементы, ограничивающие ресурс или высокое качество функционирования машины;
- установить ожидаемую величину экономического эффекта от диагностирования каждого элемента;
- дать рекомендации об очередности проведения операций по диагностике составных частей машины.

Для *выявления элементов*, подлежащих диагностированию, необходимо последовательно решить следующие вопросы:

- установить полную совокупность отказов машины;
- определить недолговечные элементы и структурные параметры машины;
- выявить вероятностные и стоимостные характеристики отказов;
- рассчитать сложившиеся в практике эксплуатации средние издержки по устранению отказов, плановому обслуживанию и ремонту каждого элемента;
- определить максимально возможную эффективность от диагностирования элементов;
- оценить ожидаемые издержки на диагностирование элементов;
- определить экономическую эффективность диагностирования элементов и машины в целом;
- определить перечень элементов, подлежащих диагностированию.

Полную совокупность отказов машины устанавливают на основании результатов эксплуатации или испытаний достаточного числа машин данной марки. Для новых моделей машин вид и характер отказов предварительно планируют таким же, как и у прототипа. На основании анализа причин отказов выявляют *номенклатуру недолговечных элементов* (деталей, сопряжений, механизмов, агрегатов), которые обуславливают выход из строя или потерю работоспособности машины или ее составных частей.

По полученным и проанализированным экспериментальным данным для каждого недолговечного элемента машины определяют среднюю вероятность его отказа за межремонтный период при принятом режиме технического обслуживания.

3.2. Выбор диагностических параметров машин

Все диагностические параметры в зависимости от глубины контроля можно условно разделить на две группы: *обобщенные и частные*.

В том случае, когда глубина диагностирования машины ограничивается контролем технического состояния узлов и механизмов, диагностические параметры, характеризующие эти элементы, выступают как *частные*.

В то же время данные параметры, в целом характеризующие машину, состоящую из контролируемых узлов и механизмов, будут *обобщенными* по отношению к этим узлам и механизмам.

Исследования по выявлению диагностических параметров начинают с определения обобщенных параметров, характеризующих общее состояние машины и агрегатов. Затем определяют частные диагностические параметры вплоть до оценки состояния отдельных сопряжений.

Для обоснования *номенклатуры диагностических параметров* проводят относительно глубокие исследования в целях выявления всех практически возможных параметров, которые могут служить в качестве диагностических с последующим выбором из них наиболее информативных. В этих целях проводят теоретические исследования физических процессов, происходящих в узлах и механизмах, и устанавливают *зависимость диагностических параметров от структурных*.

При невозможности теоретических исследований проводят экспериментальные работы по изучению *связи диагностических параметров со структурными*. Для этого применяют универсальные и специализированные измерительные приборы и оборудование, с помощью которых выполняют совместные измерения параметров. При этом стараются выбирать диагностические параметры, которые обеспечивают небольшие погрешности косвенного измерения структурного параметра. Это обеспечивает небольшую погрешность измерения.

В качестве диагностических параметров могут быть выбраны косвенные показатели технического состояния: температура, давление, расход масла и топлива, частота вращения, вибрация, биение вращающихся деталей, зазоры, степень пробуксовки, изгиб детали и др.

В ряде случаев удастся осуществлять прямое измерение структурного параметра, например, зазора в сопряжении.

Выбор диагностического параметра одновременно определяет и использование конкретного метода диагностирования.

Под **методом диагностирования** понимают совокупность способов и приемов, обеспечивающих измерение диагностических параметров, являющихся характеристиками определенного физического процесса.

3.3. Определение оптимальных погрешностей измерения при диагностировании

Эффективность технического диагностирования растет с повышением точности и уменьшением трудоемкости измерения структурных параметров. Это предполагает применение таких диагностических методов (методов измерения диагностических параметров), которые при малой продолжительности процесса измерения обеспечивают небольшие методические погрешности, характеризующие *связи между диагностическими и соответствующими структурными параметрами*.

Чем меньше *методическая погрешность*, тем выше точность определения структурного параметра путем прямого измерения одного или нескольких диагностических параметров при прочих равных условиях.

Вместе с тем стремление обеспечить большую точность и малую трудоемкость измерений, как правило, вызывает резкое усложнение и увеличение стоимости диагностического оборудования.

Отсюда возникает необходимость установления *оптимальной погрешности измерения структурных параметров*.

Вопрос установления оптимальной погрешности измерения параметров становится особенно актуальным в настоящее время, когда создаются и широко применяются электронные диагностические приборы и системы, обеспечивающие резкое уменьшение продолжительности диагностирования, а также увеличение числа измеряемых параметров машин.

Критерий оптимальной погрешности измерения должен быть экономическим. С одной стороны, необходимо учитывать *издержки* на измерение с определенной *средней квадратической погрешностью* структурного параметра, а с другой – дополнительные издержки на ремонт и техническое обслуживание диагностируемого элемента (узла, механизма), вызванные той же погрешностью измерения структурного параметра.

Естественно, что упомянутые издержки конкурируют между собой. Уменьшение средней квадратической погрешности измерения при определенном методе диагностирования связано с увеличением первого вида издержек и уменьшением второго.

При повышении погрешности измерений обычно уменьшаются издержки на измерение и возрастают дополнительные издержки на ремонт и техническое обслуживание диагностируемого элемента по измеряемому параметру.

3.4. Создание контрольно-диагностических приборов и оборудования

Основные требования к контрольно-диагностическим средствам заключаются в следующем:

- минимальная погрешность измерения;
- минимальная трудоемкость измерения диагностических параметров с учетом подготовительных (установка переходных устройств) и заключительных (снятие) операций;
- обеспечение измерения выбранных диагностических параметров различных марок машин;
- небольшая стоимость контрольно-диагностических средств;
- обеспечение удобства и безопасности измерений;
- отсутствие необходимости в уникальной подготовке персонала.

Контрольно-диагностические средства разрабатывают в виде комплектов применительно к *простому* и *сложному техническому обслуживанию*, а также для использования на специализированных сервисных и ремонтных предприятиях.

В первом случае средства диагностики рассчитывают на измерение относительно небольшого числа диагностических параметров. Контрольно-диагностические средства, применяемые при сложном обслуживании, как правило, предназначены для измерения в несколько раз большего числа диагностических параметров, чем при простом.

Средства, применяемые на специализированных ремонтных предприятиях, разрабатывают преимущественно для измерения относительно небольшого числа обобщенных ресурсных и функциональных параметров.

В зависимости от количества и моделей диагностируемых машин, радиуса их обслуживания, диагностирования при простом или сложном обслуживании или ремонте разрабатывают контрольно-диагностические средства в виде диагностической линии, одного или нескольких стационарных постов с независимыми въездами и выездами машин, передвижной диагностической установки, комплекта диагностических приборов и контрольно-измерительных устройств в агрегате ТО или на пункте ТО.

После окончательного выбора набора диагностических приборов их исследуют в лабораторных условиях с целью уточнения диапазонов их измерения, допустимых температур окружающей и рабочей среды, частотных и амплитудных характеристик, присоединительных мест (где планируется измерять диагностический параметр).

Эти приборы должны быть *унифицированными*, по возможности подходить ко всем маркам диагностируемых машин. По этой причине целесообразно широко использовать магнитные устройства и различного рода пневмоприсоски.

С целью уменьшения трудоемкости и стоимости диагностирования при разработке диагностических средств, применяемых при сложном ТО и на специализированных ремонтных предприятиях для первичной диагностики и для оценки качества ремонта, используют не отдельные автономные приборы, а комплекты или автоматизированные диагностические стенды и установки.

В качестве *измерительных приборов* применяют аналоговые (стрелочные), цифровые, с индикацией на дисплеях, самопишущие и печатающие приборы.

Во всех случаях с целью уменьшения трудоемкости диагностирования необходимо предусматривать фиксацию допускаемых зон диагностируемых параметров (например, на шкалах приборов различные зоны могут быть отмечены разным цветом).

По возможности следует переходить от фиксации допускаемых зон к непосредственной регистрации результатов диагностирования с рекомендациями о замене, регулировке или ремонте конкретных элементов, а также об остаточном ресурсе агрегатов и ответственных узлов машины.

Вначале разрабатывают экспериментальный образец диагностического средства. На этом этапе выполняют глубокие экспериментальные исследования по определению ресурса его элементов, уточнению погрешности и трудоемкости измерения диагностических параметров, по проверке конструкции и схем переходных устройств, первичных, промежуточных, передающих преобразователей, логических и вспомогательных приборов и т. д.

С учетом результатов испытаний разрабатывают опытный образец, который после успешных заводских и производственных испытаний предъявляют государственной, ведомственной или межведомственной комиссии.

4. НЕИСПРАВНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Неисправности двигателей чаще всего проявляются вследствие нарушения тепловых и нагрузочных режимов работы, разгерметизации масляных и водяных каналов и внутренних полостей, использования некачественных сортов дизельного топлива и масла, а также из-за износов узлов, сопряжений и деталей.

4.1. Неисправности цилиндро-поршневой группы

В самых тяжелых условиях в двигателе работает *цилиндро-поршневая группа (ЦПГ)*. Ее детали выполняют наиболее важные функции в рабочем процессе двигателя. Так, например, поршневые коль-

ца 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 ЦПГ, а также при закоксовывании колец или их поломке герметичность рабочего объема цилиндра становится недостаточной. Это приводит к уменьшению давления и температуры сжатого воздуха в конце такта сжатия, следствием чего являются затрудненный пуск (топливо в дизеле не самовоспламеняется) и перебои в работе двигателя. При сгорании топлива газы под большим давлением прорываются в картер, откуда через сапун выходят в атмосферу. С износом деталей ЦПГ и потерей упругости колец увеличивается количество масла, проникающего в надпоршневое пространство и сгорающего там.

Попадание масла в камеру сгорания вызывает образование нагара на днищах поршней и головке блока цилиндров, вследствие чего затрудняется отвод теплоты от деталей. Сгорание масла изменяет цвет отработавших газов – они становятся синеватого цвета.

Внешние признаки неисправностей ЦПГ:

- повышенное дымление из сапуна;
- перерасход масла;
- трудный запуск дизеля (особенно при пониженных температурах);
- снижение мощности двигателя;
- белый дым при запуске (несгоревшее топливо);
- синий дым при работе (сгоревшее масло).

4.2. Неисправности кривошипно-шатунного механизма

Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) работает в условиях больших знакопеременных нагрузок. Один из основных факторов, влияющих на работу сопряжений коленчатого вала и шатунов, – зазоры в подшипниках. С увеличением зазоров нарушаются условия жидкостного трения, возрастают динамические нагрузки, которые постепенно приобретают ударный характер. Давление масла в магистральных двигателях понижается, так как облегчается его протекание

ние через увеличенные зазоры подшипников коленчатого вала. Это ухудшает смазывание гильз цилиндров, поршней и колец, приводит к прогрессирующим износам шеек коленчатого вала и вкладышей, может привести к задирам в подшипниках и даже к проворачиванию вкладышей.

Внешние признаки неисправностей КШМ:

– понижение давления масла на прогретом двигателе (при исправной системе смазки);

– стуки, прослушиваемые в определенных местах (внизу блока цилиндров) с помощью усилителя звуков – *стетоскопа* (рис. 4.1).

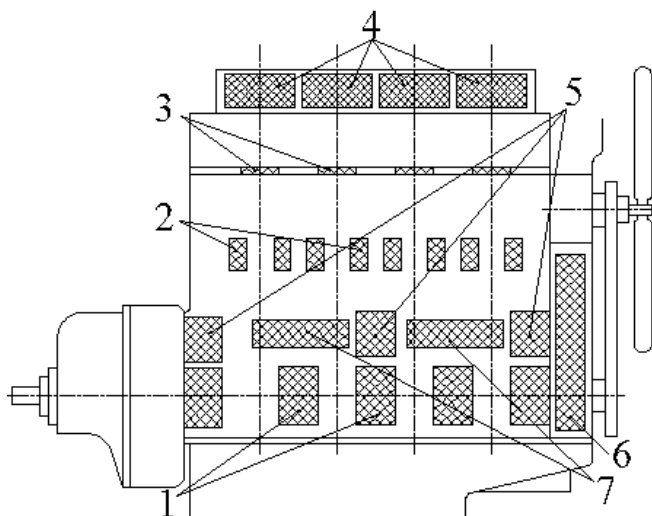


Рис.4.1. Места прослушивания стуков в сопряжениях двигателя:

1 – коленчатый вал – коренной подшипник; 2 – толкатель-втулка; 3 – стук клапана о днище поршня; 4 – боек коромысла – стержень клапана; 5 – распределительный вал-подшипник; 6 – распределительные шестерни; 7 – кулачок распределительного вала-толкатель

4.3. Неисправности газораспределительного механизма

Газораспределительный механизм (ГРМ) дизеля обеспечивает оптимальные условия наполнения цилиндров воздухом и выхода из цилиндров отработавших газов.

В процессе эксплуатации двигателя *герметичность рабочего объема цилиндров* нарушается из-за неплотностей клапанов вследствие подгорания и закоксовывания их фасок и рабочих фасок гнезд в головке цилиндров; негерметичности стыка головки и блока и прогорания прокладки; нарушения регламентированных зазоров между клапанами и их приводом; из-за зависания клапанов и поломок пружин.

По мере изнашивания шестерен привода распределительного вала, подшипников и кулачков распределительного вала, а также нарушения зазоров между клапанами и коромыслами изменяются *фазы газораспределения*.

Указанные неисправности предопределяют появление металлических стуков в зоне клапанного механизма, а также многопричинных внешних качественных признаков, таких, как трудный пуск, перебои в работе, снижение мощности.

4.4. Неисправности системы питания

На *систему питания* приходится от 25 до 50 % всех неисправностей, наблюдаемых на тракторных дизелях.

На рабочий процесс и скорость изнашивания деталей двигателя большое влияние оказывает состояние *системы очистки воздуха*, всасываемого в цилиндры. С увеличением наработки ухудшаются рабочие характеристики воздухоочистителя (увеличивается коэффициент пропуска абразивных частиц различного размера и возрастает сопротивление воздухоочистителя воздушному потоку).

Причины этих изменений – накопление пыли в фильтрующих элементах и ухудшение их свойств, а также изменение уровня и свойств масла в поддоне воздухоочистителя (при наличии воздухоочистителя с мокрым фильтрующим элементом).

Повышение сопротивления на всасывании вызывает увеличение разрежения во впускном коллекторе, что повышает опасность подсоса неочищенного воздуха через неплотности воздушного тракта, снижает степень наполнения цилиндров воздухом, затрудняет удаление из цилиндров отработавших газов. Эти обстоятельства приводят к снижению мощности и экономичности двигателя. К таким же последствиям приводит загрязнение впускного тракта.

Для своевременного обнаружения неисправностей в системе очистки и подачи воздуха герметичность системы, сопротивление воз-

духоочистителя и впускного тракта (по разрежению в нем) *контролируют* с помощью диагностических средств или штатных приборов (индикатора засоренности воздушного фильтра, установленного на шитке приборов трактора).

Неисправности в *системе питания дизеля топливом* имеют место из-за попадания воды в цилиндры двигателя, наличия в топливе воздуха, закоксовывания или залегания иглы в корпусе распылителя, чрезмерного износа прецизионных пар топливного насоса высокого давления (ТНВД), неравномерности подачи топлива в цилиндры, значительного износа деталей регулятора. Возможны также поломки пружин плунжеров, нагнетательных клапанов и форсунок, заедание рейки топливного насоса или муфты регулятора, разгерметизация топливопроводов высокого давления.

Причинами *дымного выпуска* являются следующие:

- неполное сгорание топлива из-за неудовлетворительной работы форсунок;
- слишком раннее или, наоборот, позднее впрыскивание топлива в цилиндры;
- чрезмерная подача топлива;
- недостаток воздуха (при сильном засорении воздухоочистителя).

Форсунки обеспечивают нормальное протекание рабочего процесса при хорошем впрыскивании и распыливании топлива под определенным давлением (давление впрыска задается и может регулироваться). По мере износа деталей форсунки и снижения упругости пружины давление начала впрыска снижается, и следствием этого является увеличение объема впрыскиваемого топлива и угла начала впрыскивания, изменение мощности и снижение экономичности. При значительном снижении давления впрыскивания топливо может подтекать из распылителя после посадки иглы в корпус, что быстро приводит к *закоксовыванию распылителя*, ухудшению качества распыливания и зависанию иглы. Закоксовывание отверстий распылителей определяет уменьшение их пропускной способности и приводит к неравномерной работе дизеля.

Работоспособность системы питания топливом нарушается и в случаях неисправностей простейших вспомогательных устройств – топливного бака, топливопроводов и их соединений, топливных фильтров, подкачивающего насоса.

Иногда 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 из-за *подсоса воздуха* в систему питания. При этом в полостях топливных фильтров и топливных насосов образуются воздушные пробки. Завести дизель при этом тяжело или даже невозможно, так как топливо к форсункам поступает с перебоями и не создается нужное давление для впрыскивания. Дизель либо не дает вспышек, либо «схватывает», дает отдельные вспышки, но не заводится.

Прекращение подачи топлива к ТНВД или подача топлива с перебоями и в недостаточном объеме наблюдаются также при *засорении топливопроводов*. В холодное время года причиной прекращения подачи топлива может быть образование в топливопроводах и фильтрах ледяных и парафиновых пробок при заправке топливом с примесью воды или при использовании летней марки топлива.

Таким образом, *о неудовлетворительной работе топливной аппаратуры свидетельствуют* трудный пуск дизеля, его неустойчивая работа, дымность отработавших газов, понижение мощности и экономичности.

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

4.5. Неисправности системы смазки

Техническое состояние *системы смазки* двигателя оценивается давлением масла в магистрали и его температурой.

На *давление и температуру масла* влияют состояние системы охлаждения, тепловой и нагрузочный режим дизеля, марка применяемого масла. При использовании моторного масла соответствующей марки, а также при исправном состоянии дизеля и нормальных режимах его работы причиной чрезмерно высокой или низкой температуры масла может быть неисправность клапана-термостата. При износе клапана-термостата или поломке его пружины холодное

масло циркулирует через радиатор, его температура понижается, а давление, наоборот, повышается.

К понижению давления масла в магистрали приводит также чрезмерный износ сопряжений КШМ, малая подача масляного насоса вследствие его износа, износ или разрегулирование сливного или перепускного клапанов. В этих случаях ухудшается фильтрация масла в центрифуге и в магистраль поступает загрязненное масло, что приводит к интенсивному изнашиванию дизеля. То же самое происходит и при чрезмерном загрязнении или неисправности фильтров.

При низком качестве масла и нарушении правил заправки может произойти засорение сетки маслозаборника и вызванное этим уменьшение подачи насоса.

Исправность системы смазки в эксплуатации контролируется по штатному манометру и термометру на щитке приборов трактора.

4.6. Неисправности системы охлаждения

Система охлаждения должна обеспечивать нормальный тепловой режим работы дизеля. Одним из основных условий ее исправной работы является герметичность рубашки охлаждения.

Нарушение герметичности системы охлаждения может быть вызвано рядом причин. При проседании гильз, неплотности стыка головки с блоком цилиндров, при трещинах в головке или блоке, неспособном уплотнительном кольце гильзы вода проникает в цилиндры или картер двигателя. Обнаруживают это по изменению цвета отработавших газов и при отборе небольшого объема масла из картера, а также по масляным пятнам на поверхности воды или тосола в радиаторе. При больших утечках воды существенно повышается уровень масла в картере, что может быть определено с помощью мерного шупа.

При нормально заправленной системе охлаждения *ухудшение отвода теплоты* от нагреваемых стенок блока, гильз и головки цилиндров характеризует неисправности привода водяного насоса и его составных частей (ослабление натяжение ремня привода, срезание штифта крыльчатки насоса), а также образования слоя накипи на стенках, что снижает теплопередачу через эти стенки.

Если циркуляция охлаждающей жидкости нормальная (наблюдается при снятой пробке радиатора), то перегрев дизеля в значи-

тельной мере обусловлен работой радиатора. *Причины перегрева* в этом случае:

- несвоевременное подключение радиатора клапаном термостата;
- засорение трубок радиатора;
- образование накипи в трубках, резко снижающей их теплопроводность (поэтому для заправки системы охлаждения следует использовать мягкую или смягченную воду);
- ослабление натяжения или замасливание ремней (ремня) привода вентилятора.

Указанные неисправности радиатора поддаются качественному визуальному контролю. Медленный прогрев дизеля после пуска зависит в основном от неисправности термостата, преждевременно подключившего радиатор.

При эксплуатации трактора в радиаторе иногда наблюдается вспенивание охлаждающей жидкости. Как правило, это связано с наличием масла в охлаждающей жидкости и обязательно приводит к перегреву дизеля. Появление масла в воде указывает на то, что произошло соединение систем охлаждения и систем смазки. Местами соединения чаще всего являются возникшие каналы в прокладке головки блока цилиндров или трещины в головке и блоке цилиндров. Поскольку давление масла в системе смазки в несколько раз больше, чем воды в системе охлаждения, на прогретом двигателе масло просачивается через каналы (поры) или трещину в систему охлаждения.

4.7. Неисправности системы пуска двигателя

Система пуска двигателя выполняет относительно простые функции и работает кратковременно. Однако неисправности ее составных частей могут существенно осложнить эксплуатацию трактора.

Основные неисправности узлов и агрегатов системы пуска следующие:

1. Стартер и тяговое реле не включаются. П р и ч и н ы:

- неисправность (сильная сульфатация, короткое замыкание пластин) или сильная разряженность АКБ;
- нарушение контактов в соединениях, обрыв проводов в цепях электроснабжения и управления стартером;
- окисление полюсных выводов АКБ и наконечников проводов;

– нарушения в работе дополнительного реле стартера, в замке выключения стартера или в выключателе «массы»;

– неисправности тягового реле стартера (обрыв обмоток, межвитковое замыкание во втягивающей обмотке или замыкание ее на «массу», заедание контактного диска, заедание якоря тягового реле и т. д.).

2. Тяговое реле включается, но якорь стартера не вращается или вращается очень медленно. П р и ч и н ы:

– сильная разряженность АКБ;

– окисление или ослабление контактов в цепи АКБ-стартер (тяговое реле стартера);

– нарушения в работе контактной системы тягового реле;

– нарушение контакта в разъёмных соединениях внутри стартера;

– сильное окисление или загрязнение коллектора электродвигателя, подгорание коллектора;

– сильный износ щеток;

– зависание щеток в щеткодержателях;

– замыкание на «массу» изолированного щеткодержателя;

– ослабление пружин щеткодержателей;

– замыкание на «массу» или межвитковое замыкание обмоток возбуждения или якоря стартера;

– заклинивание якоря.

3. Тяговое реле включается и сразу выключается (неисправность проявляется в часто повторяющемся стуке). П р и ч и н ы:

– сильная разряженность АКБ, значительная степень ее сульфатации или короткое замыкание в АКБ;

– повышенное сопротивление цепи питания электростартера;

– обрыв или плохой контакт удерживающей обмотки тягового реле с питающим проводом или с «массой»;

– неправильная регулировка дополнительного реле стартера.

4. Электродвигатель стартера включается, но коленчатый вал не вращается. П р и ч и н ы:

– пробуксовка муфты свободного хода механизма привода;

– тугое (затрудненное) перемещение механизма привода по винтовым шлицам вала якоря;

– поломка рычага механизма привода;

– поломка поводковой муфты или буферной пружины.

5. Электростартер включается, но шестерня привода не входит в зацепление с венцом маховика. П р и ч и н ы:

- ослабление буферной пружины;
- наличие забоин на зубьях шестерни привода и венца маховика;
- заедание шестерни привода на валу.

6. Электростартер после пуска не отключается. П р и ч и н ы:

- заедание в замке включения стартера;
- заедание механизма привода на валу якоря;
- спекание контактов тягового реле;
- неисправность реле блокировки;
- перекос в креплении стартера к картеру маховика (муфты сцепления).

7. Повышенный уровень шума при вращении якоря стартера.

П р и ч и н ы:

- ослабление крепления электростартера;
- повреждение зубьев шестерни привода или венца маховика;
- большой износ втулок подшипников или шеек вала якоря;
- перекос стартера при установке на двигатель;
- задевание якоря за полюсный сердечник обмотки возбуждения (затянуть и застопорить винты крепления полюсного сердечника).

4.8. Диагностирование цилиндро-поршневой группы

В практике диагностирования *цилиндро-поршневой группы* (ЦПГ) тракторных двигателей наиболее распространен метод, основанный на определении расхода газов, прорывающихся в картер, с обеспечением во время измерения атмосферного давления в полости картера.

Принципиальная схема измерения *расхода прорывающихся газов* показана на рис. 4.2.

Маслозаливную горловину 10 картера 9 соединяют гибким трубопроводом с входом газового расходомера 12, а выход расходомера сообщают через дроссель 7 и ресивер 8 с вакуум-насосом 13. Жидкостный (водяной) манометр 11, соединенный с внутренней полостью картера, служит для контроля давления в картере во время замера.

Расход картерных газов измеряют при работе двигателя на заданных скоростных режимах. При этом последовательно выполня-

ют следующие операции. Приоткрывая или прикрывая дроссель 7, в картере создают давление, равное атмосферному, о чем судят по показаниям жидкостного манометра 11. Газы, прорывающиеся в зазоры между поршнями и гильзами, отсасываются из картера через газовый расходомер и дроссель под действием разрежения, создаваемого вакуум-насосом.

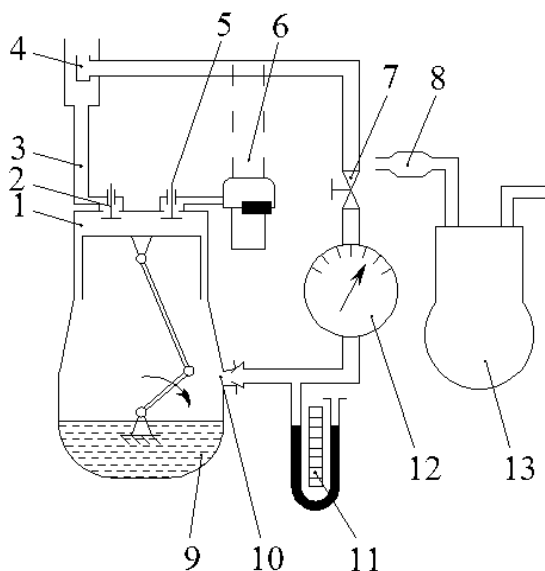


Рис. 4.2. Принципиальная схема измерения расхода прорывающихся в картер газов: 1 – цилиндр; 2 – выпускной клапан; 3 – выпускная труба; 4 – эжектор; 5 – впускной клапан; 6 – впускная труба воздухоочистителя; 7 – дроссель; 8 – ресивер; 9 – картер; 10 – маслозаливная горловина; 11 – жидкостный манометр; 12 – газовый расходомерные стаканы; 13 – уровень

Поскольку давление газов в полости картера при измерении равно атмосферному, утечки газов через различные неплотности исключены.

Необходимость использования вакуум-насоса и источника энергии для его привода отпадает, если для отсоса газов из картера во время измерения использовать разрежение эжекции, создаваемое потоком выхлопных газов при работе двигателя. С этой целью по-

лость картера соединяют через расходомер и дроссель с эжектором 4, устанавливаемым в выпускной трубе 3.

Для отсоса газов можно также использовать разрежение во впускном тракте двигателя, для чего дроссель необходимо соединить гибким трубопроводом с впускной трубой воздухоочистителя 6.

На основе описанного метода разработан также *метод определения технического состояния каждого цилиндра в отдельности*. Сущность его следующая.

При работе двигателя со всеми работающими цилиндрами измеряют расход картерных газов с отсосом в последовательности, описанной выше. Измеренный расход Q_{Σ} – суммарный расход газов во всех цилиндрах. Затем отключают проверяемый цилиндр, снимая форсунку. После этого вновь измеряют расход газов из картера при работе двигателя на остальных цилиндрах. Так как в рабочей полости проверяемого (i -го) цилиндра давление отсутствует и нет прорыва газов из нее в картер, то полученное значение расхода Q_i' будет суммарным расходом газов через остальные работающие цилиндры. О состоянии проверяемого (i -го) цилиндра судят по прорыву газов в нем Q_i , определяемому как разность:

$$Q_i = Q_{\Sigma} - Q_i'$$

Состояние остальных цилиндров определяют аналогично.

Состояние отдельных цилиндров двигателя следует проверять лишь при наличии признаков аварийного износа в отдельных цилиндрах.

Таковыми признаками являются глухой дребезжащий стук в каком-либо цилиндре или большой суммарный расход Q_{Σ} при малой нагрузке.

Для реализации изложенных методов определения технического состояния ЦПГ разработан индикатор расхода газов КИ-4887 (КИ – контрольно-измерительный). Он включен в комплект оборудования стационарного поста диагностики тракторов и передвижных диагностических установок.

Ранее отмечалось, что одним из важнейших параметров ЦПГ является *угар масла*. Однако диагностирование по угару масла не по-

лучило широкого распространения из-за большой трудоемкости контроля этого параметра.

Для выявления неисправностей отдельных цилиндров используют *компрессиметры* различных конструкций. Если разница между компрессией одного цилиндра и средним значением компрессии остальных цилиндров превышает 0,4 МПа, то это свидетельствует о неисправности поршневой группы этого цилиндра.

4.9. Диагностирование кривошипно-шатунного механизма

Общее состояние *КШМ* оценивают по признакам, наблюдаемым при работе двигателя. Прежде чем делать заключение о состоянии подшипников коленчатого вала, необходимо убедиться в исправности манометра давления в системе смазки и в исправности и нормальной работоспособности системы смазки.

Для проверки *исправности манометра* используют приспособление КИ-4940, состоящее из манометра с тройником, и гибким маслопроводом с наконечником. Приспособление подключают между магистралью двигателя и штатным манометром. На прогревом двигателе при его работе на номинальной и минимально устойчивой частоте вращения определяют давление в магистрали по показаниям двух манометров и сравнивают эти показания, определяя погрешность манометра трактора.

Для уточнения диагноза при пониженном давлении масла *прислушиваются* (от слова «слух») двигатель, чтобы выявить *стуки* в различных сопряжениях. В качестве простейших усилителей сигналов используют простые стетоскопы, а также электронные стетоскопы, состоящие из усилителя с пьезоэлектрическим датчиком, элементов электропитания, стержня и телефона.

Стуки в сопряжениях КШМ определяют прикладыванием наконечника стержня стетоскопа к блоку цилиндров в соответствующих зонах при определенных режимах работы двигателя (см. рис. 4.1).

Достаточно эффективным оказывается определение стуков в сопряжениях КШМ на неработающем двигателе, в цилиндрах которого создается попеременно разрежение и избыточное давление с помощью компрессорно-вакуумной установки типа КИ-4942 (рис. 4.3).

Давление воздуха в ресивере 8 контролируется по манометру 9, а разрежение в ресивере 3 – вакуумметром 5. Вентиль 4 служит для

отсоса воздуха из впускных и выпускных каналов головки цилиндров при проверке неплотностей сопряжения клапан–гнездо. Один вакуум-насос-компрессор работает в режиме вакуум-насоса, а другой – в режиме компрессора.

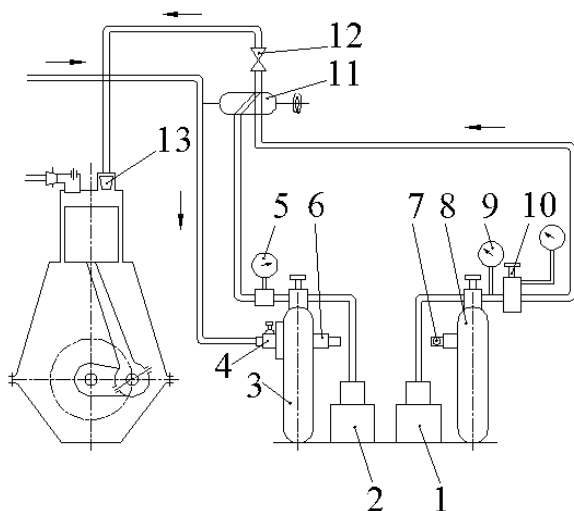


Рис. 4.3. Принципиальная схема компрессорно-вакуумной установки:
 1, 2 – вакуум-насосы-компрессоры; 3, 8 – ресиверы; 4 – вентиль; 5 – вакуумметр;
 6 – регулятор вакуума; 7 – предохранительный клапан; 9 – манометр; 10 – регулятор
 давления; 11 – воздухораспределитель; 12 – кран; 13 – наконечник

Для подключения установки к двигателю снимают форсунки, устанавливают поршень проверяемого цилиндра в ВМТ на такте сжатия и включением какой-либо передачи в коробке перемены передач (КПП) фиксируют это положение. При закрытом кране 12 закрепляют наконечник 13 в отверстии под форсунку, включают установку и в ресивере 8 создают давление 200–250 кПа, а в ресивере 3 – разрежение 60 кПа. Регулятором 10 устанавливают рабочее давление 200 кПа.

Стуки в сопряжениях «поршневой палец–втулка верхней головки шатуна» и «бобышки поршня–поршневой палец» определяют, приложив стетоскоп к блоку в зоне расположения поршневого пальца и создавая при открытом кране попеременно разрежение и сжатие в надпоршневом пространстве переключением с помощью тумблера

золотника воздухораспределителя 11. В таком же режиме, но прикладывая наконечник стетоскопа к торцу коленчатого вала, определяют наличие стуков в шатунном подшипнике. Подобным образом проверяют все цилиндры.

Сила стуков при прослушивании определяется субъективно диагностом, и поэтому такой способ не может служить признаком для постановки окончательного диагноза. Только по уверенно прослушиваемым стукам можно судить о предельном увеличении зазоров. Когда стуки вообще не прослушиваются, а давление масла в магистрали было пониженное, это свидетельствует о неисправности системы смазки. При слабо прослушиваемых стуках для постановки окончательного диагноза необходимо измерительным прибором – индикатором определить зазоры в проверяемых сопряжениях.

Способ измерения зазоров в кривошипно-шатунном механизме реализуют с помощью устройства КИ-11140, которое устанавливают в отверстие под форсунку. Наконечник воздухораспределителя компрессорно-вакуумной установки присоединяют к датчику перемещения поршня. После подготовки к проверке и установки поршня в ВМТ в надпоршневом пространстве создают давление и устанавливают ноль шкалы индикатора напротив стрелки. Затем медленно увеличивают разрежение в надпоршневом пространстве и по индикатору фиксируют перемещение поршня от начального положения до первой остановки, что соответствует зазору в сопряжении «поршневой палец–втулка верхней головки шатуна», и перемещение поршня от первой до второй остановки, которое соответствует зазору в шатунном подшипнике.

По величине каждого из измеренных зазоров судят о необходимости ремонта двигателя, если зазор достиг предельной величины. Если во всех цилиндрах ни один из измеренных зазоров не достиг предельной величины, то выбирают максимальные значения зазоров по каждому из наименований сопряжений, сравнивая данные по всем цилиндрам, и по этим максимальным значениям прогнозируют остаточный ресурс сопряжений. Наименований сопряжений в данном случае два. Следовательно, мы получим два остаточных ресурса. Очевидно, минимальный из них будет остаточным ресурсом двигателя до ремонта.

4.10. Диагностирование механизма газораспределения

Основные контролируемые параметры *механизма газораспределения* – *тепловой зазор* между клапаном и коромыслом и *расход газов* через сопряжение «клапан–гнездо». При углубленном диагностировании либо наличии признаков других неисправностей *контролируют* фазы газораспределения, износ кулачков распределительного вала, утопание клапана, упругость клапанных пружин. Общее состояние механизма газораспределения определяют по признакам, фиксируемым при работе двигателя. Повсеместно принят простейший способ измерения *теплового зазора* щупом либо индикаторным устройством. В любом случае коленчатый вал двигателя предварительно устанавливают в положение, соответствующее верхней мертвой точке поршня проверяемого цилиндра на такте сжатия.

Аналогично с индикаторным устройством по принципу измерения (по ходу бойка коромысла) приспособление ПИМ-5266, с помощью которого сначала полностью выбирают тепловой зазор, а затем, учитывая шаг регулировочного винта коромысла, поворачивают его на угол, указанный на лимбе приспособления и обеспечивающий номинальное значение теплового зазора.

Всем описанным методам свойственны такие недостатки, как высокая трудоемкость (примерно 0,7 чел-ч для четырехцилиндрового двигателя), необходимость участия, как правило, двух исполнителей и недостаточная точность.

Подобных недостатков в значительной мере лишен способ проверки теплового зазора, разработанный в ВНИТИВУТ (ГНУ ГосНИТИ Россельхозакадемии г. Москва). Для реализации этого метода сконструировано и поставлено на производство приспособление индикаторного типа КИ-9918 (рис. 4.4). Измерение основано на регистрации разности траекторий движения бойка коромысла и стержня клапана при проворачивании коленчатого вала и односторонней выборке зазора в сопряжении «коромысло–штанга–толкатель».

Приспособление собрано из корпуса, установленной в нем подвижной и подпружиненной рамки, индикатора и тормозка индикатора с приводом. Ножка индикатора соединена с рамкой механизма ручного перемещения подвижной рамки.

Тепловой зазор проверяют следующим образом. Рамку приспособления перемещают в крайнее нижнее положение, устанавливают корпус на шайбу клапана и растормаживают рамку. Рамка под действием пружины упирается в боек коромысла, фиксируя приспособ-

собрание относительно коромысла и клапана. Далее коленчатый вал двигателя плавно поворачивают (пусковым устройством) до момента открытия клапана. Затем устанавливают шкалу индикатора на нулевую отметку и продолжают вращать коленчатый вал до тех пор, пока индикатор не покажет максимальное значение, соответствующее значению зазора в проверяемом сопряжении. Аналогично проверяют зазоры в других клапанах.

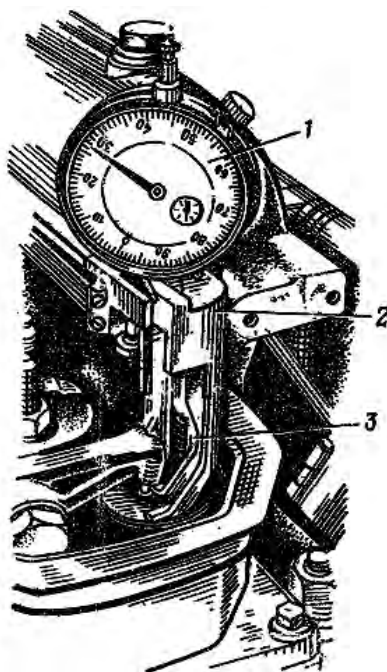


Рис. 4.4. Приспособление КИ-9918 для измерения величины теплового зазора между клапаном и коромыслом:

- 1 – индикатор; 2 – неподвижная относительно индикатора рамка;
3 – подвижная рамка

Приспособлением КИ-9918 можно проверять тепловой зазор в верхнеклапанном механизме газораспределения всех отечественных автомобильных и тракторных двигателей. Средняя трудоемкость проверки 0,1 чел-ч. Максимальная погрешность изменения зазора – не более $\pm 0,02$ мм.

С помощью приспособления КИ-9918 легко регулировать величину теплового зазора, проверять фазы газораспределения, а также определять положение ВМТ поршня проверяемого цилиндра.

Раздельно определяют *неплотности* клапанов газораспределения по расходу воздуха через сопряжение «клапан–гнездо», используя индикатор расхода газов. Принципиальная схема проверки клапанов по этому методу показана на рис. 4.5.

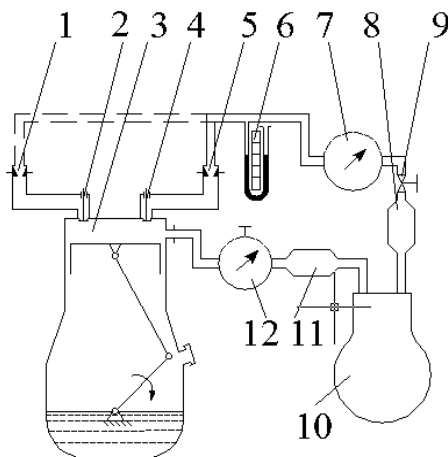


Рис. 4.5. Принципиальная схема определения неплотностей клапанов газораспределения:

1 – выпускная труба; 2 – выпускной клапан; 3 – цилиндр; 4 – впускной клапан; 5 – впускная труба; 6 – жидкостный манометр; 7 – расходомер; 8, 11 – ресиверы; 9 – дроссель; 10 – компрессор; 12 – редукционный клапан

Коленчатый вал устанавливают в положение, когда впускной 4 и выпускной 2 клапаны проверяемого цилиндра закрыты, а в остальных цилиндрах двигателя клапаны не перекрыты. Например, при диагностировании четырехцилиндровых двигателей вначале устанавливают поршень проверяемого цилиндра в положение ВМТ в конце сжатия, а затем проворачивают коленчатый вал против или по ходу вращения еще на 90° . Это необходимо для того, чтобы впускной и выпускной тракты двигателя не сообщались между собой.

От источника сжатого воздуха, например компрессора 10, через ресивер 11 и отверстие форсунки в камеру сгорания проверяемого цилиндра 3 подают воздух под постоянным избыточным давлением, поддерживаемым и контролируемым редукционным клапаном 12. Сжатый воздух из камеры сгорания прорывается частично – через кольцевое уплотнение в картер, частично через неплотности впускного 4 и выпускного 2 клапанов. Воздух, прорвавшийся через неплотности впускного клапана 4, попадает во впускной трубопровод 5, откуда отсасывается через газовый расходомер 7 и дроссель 9 под действием разрежения во впускной системе компрессора 10. Отсос воздуха регулируют дросселем 9 и контролируют водяным манометром 6 так, чтобы во время замера давление во впускном трубопроводе 5 равнялось атмосферному.

Этим достигается повышение точности измерений за счет устранения утечек через неплотности впускного трубопровода или через кольцевое уплотнение тех цилиндров, в которых во время проверки открыты впускные клапаны. Расход воздуха, замеренный описанным способом, характеризует неплотность впускного клапана. Неплотность выпускного клапана определяют аналогично, только в этом случае расходомер подсоединяют к выпускному трубопроводу (выхлопной трубе) 1.

Прорыв воздуха через кольцевое уплотнение проверяемого цилиндра не влияет на его утечку через неплотности клапанов, поскольку в камере сгорания давление поддерживают постоянным с помощью редукционного клапана. При наличии признаков, свидетельствующих о нарушении фаз газораспределения, после регулировки зазора между впускным клапаном и коромыслом первого цилиндра проворачивают коленчатый вал до полной выборки указанного зазора, т. е. определяют момент начала открытия впускного клапана.

4.11. Диагностирование системы питания

Работоспособность системы питания дизельных двигателей определяют по *внешним качественным признакам работы* двигателя. Техническое состояние отдельных агрегатов системы питания определяют по ряду параметров, главным образом диагностических, с помощью приборов и приспособлений.

Важнейшие параметры состояния воздухоочистителя и впускного тракта – засоренность воздухоочистителя и герметичность впускного воздушного тракта.

Засоренность воздухоочистителя контролируют по разрежению во всасывающем коллекторе за воздухоочистителем с помощью, например, сигнализатора засоренности ОР-9928 (ММЗ-ГОСНИТИ). Сигнализатор (рис. 4.6) устанавливают в момент контроля на впускной коллектор (делают в нем резьбовое отверстие).

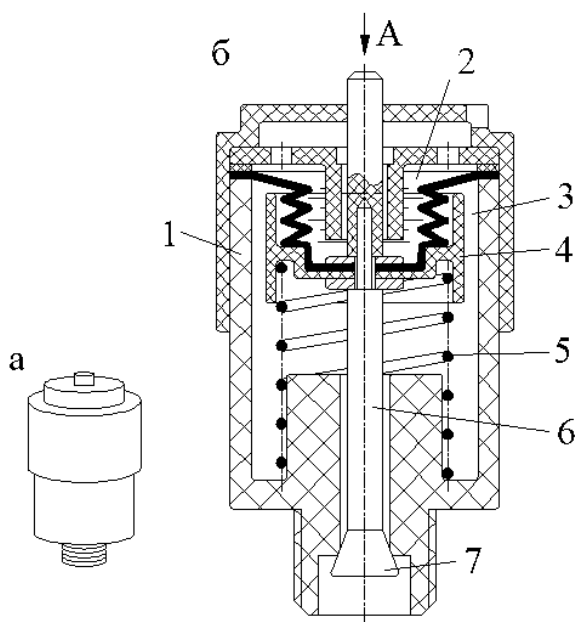


Рис. 4.6. Сигнализатор засоренности воздухоочистителя ОР-9928:
а – общий вид; *б* – конструктивная схема; 1 – корпус; 2 – камера атмосферного давления с фильтром; 3 – рабочая камера; 4 – поршень с диафрагмой; 5 – пружина; 6 – шток; 7 – обратный клапан

Возможна также его установка как постоянного контролирующего датчика. В нерабочем состоянии индикатора (шток 6 не нажат) рабочая камера 3 разобщена с впускным трактом двигателя клапаном 7, удерживаемым в закрытом положении пружиной 5. Для выполнения проверки при номинальной частоте вращения коленчатого

го вала нажимают на выступающую часть стержня (по стрелке А) и тем самым открывают клапан 7.

Рабочая камера сообщается с впускным воздушным трактом. Вследствие разности давлений в камере 2 (атмосферного давления) и в рабочей камере 3 диафрагма и поршень 4 переместятся вниз, сжимая пружину. Чем больше разрежение во впускном тракте, тем больше переместится поршень. Конструкция сигнализатора выполнена так, что появление в смотровом окне окрашенной в красный цвет части поршня свидетельствует о предельном загрязнении воздухоочистителя (предельном увеличении его сопротивления) и необходимости его технического обслуживания.

Сопротивление во впускном коллекторе можно проверить и с помощью обычного U-образного мановакуумметра, подключая его к впускному тракту. Недостаток такого метода – громоздкость прибора.

На принципе U-образного мановакуумметра работает и прибор КИ-4870 для проверки герметичности впускного воздушного тракта. U-образный канал в корпусе прибора заполняют водой, один его конец при контроле герметичности соединений воздухоочистителя и впускного тракта оставляют открытым, а соединенный с другой частью канала наконечник приставляют к местам возможного подсоса воздуха. Корпус прибора удерживают в вертикальном положении. Понижение уровня воды в открытой части U-образного канала укажет на негерметичность проверяемого в этот момент соединения.

В системе подачи воздуха может быть *турбокомпрессор*. Его работоспособность определяют по давлению наддува с помощью контрольного манометрического приспособления. Номинальное давление наддува и предельное давление указаны в технической документации. Исправность ротора и подшипников можно проверить по длительности (на слух) вращения ротора после остановки двигателя с максимальной частотой вращения коленчатого вала. Если ротор вращается менее 5 с после остановки двигателя, то углубленно проверяют его состояние: контрольным манометром проверяют давление масла в корпусе подшипников и определяют разницу давления в магистрали двигателя и в корпусе подшипников. Если разница превышает допустимую, продувают и промывают масляные каналы.

Основной *структурный ресурсный параметр топливного насоса – зазор в сопряжении «гильза-плунжер»*. Его контролируют по давлению, развиваемому секциями насоса. Проверяют плунжерные пары

прибором КИ-4802. Он собран из корпуса с предохранительным клапаном, манометром со шкалой до 40 МПа и комплектом дроссельных шайб, гасящих пульсации давления топлива в полости манометра. Корпус прибора закрепляют на секции насоса вместо топливопровода высокого давления. При прокручивании коленчатого вала двигателя пусковым устройством плавно включают подачу топлива и определяют *максимальное давление, развиваемое плунжерными парами*.

Также проверяют *герметичность нагнетательного клапана*, для чего создают давление 15 МПа и по секундомеру фиксируют время его падения до 10 МПа.

Если давление, создаваемое плунжерными парами (хотя бы одной), окажется меньше 25 МПа (а на двигателях с непосредственным впрыском топлива – менее 30 МПа), а указанное выше время падения давления – менее 10 с, топливный насос отдают в ремонт.

Частоту вращения коленчатого вала, которую поддерживает регулятор на определенном режиме работы двигателя, проверяют приставным тахометром. Частоту вращения коленчатого вала проверяют на холостом ходу и при номинальной нагрузке двигателя.

Для бестормозных испытаний разработано приспособление для дросселирования воздуха на впуске, которое устанавливается на впускную трубу. Для определения частоты вращения коленчатого вала плавно прикрывают дроссель приспособления до резкого снижения частоты вращения, после чего немного открывают трубу воздухоочистителя до резкого возрастания частоты вращения. После этого тахометром фиксируют частоту вращения вала отбора мощности.

Если колесный трактор диагностируют на стенде КИ-8927 барабанного типа, то, включив одну из высших передач, выполняют описанные выше операции.

При диагностировании трактора с использованием тормозного стенда КИ-4935 привод стенда соединяют с валом отбора мощности (ВОМ). Затем плавно нагружают двигатель до максимального отклонения стрелки индикатора мощности и фиксируют показание тахометра стенда, которое пересчитывают на частоту вращения коленчатого вала.

Также проверяют *неравномерность нагружения цилиндров*, для чего при максимальной нагрузке проверяют частоту вращения коленчатого вала при поочередно отключаемых цилиндрах.

Если *неравномерность нагружения цилиндров превышает 15 %*, необходимо проверить *неравномерность подачи топлива секциями топливного насоса*.

Производительность секций топливного насоса и равномерность подачи топлива в условиях эксплуатации определяют топливомером типа КИ-4818, основные составные части которого и схема подключения показаны на рис. 4.7.

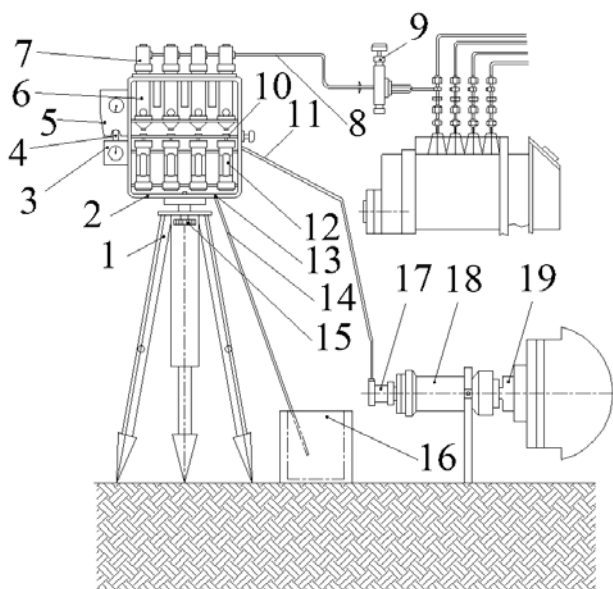


Рис. 4.7. Схема топливомера КИ-4818 и подключение его к двигателю:
 1 – штатив; 2 – корпус измерителя; 3 – секундомер; 4 – рычажок; 5 – указатель электродистанционного тахометра; 6 – стаканы (пенוגасители); 7 – контрольные форсунки; 8 – топливопроводы; 9 – переключатели подачи топлива; 10 – валик со сливными бачками; 11 – присоединительный кабель; 12 – мерные стаканы; 13 – уровень; 14 – сливная трубка; 15 – винт; 16 – емкость; 17 – датчик тахометра; 18 – привод датчика тахометра; 19 – вал отбора мощности

Рис. 4.8. Принципиальная схема топливомера КИ-4910:

1, 7, 12 – трубки; 2, 8, 14 – краны; 3 – пневматический компенсатор; 4 – мерная трубка; 5 – шкала; 6 – игольчатый клапан; 9 – топливный бак; 10 – поплавок; 11 – поплавковая камера; 13, 15 – дроссели

При использовании приспособления для дросселирования воздуха на впуске при диагностировании тракторов с помощью тормозных стендов на каждом этапе к топливомеру подключают определенные секции и полностью нагружают двигатель (как указывалось выше при проверке частоты вращения коленчатого вала двигателя).

Основной недостаток методов диагностирования топливной аппаратуры с помощью механических средств – неизбежное вмешательство в нормальное функционирование системы питания. При подключении прибора КИ-4818 с установкой выключателей подачи топлива в контур высокого давления этот контур не соответствует техническим условиям. При этом изменяется производительность топливной системы, и такие изменения могут достигать величин, квалифицируемых как отказ.

Помимо этого производимая частичная разборка может отрицательно сказываться на работоспособности топливной аппаратуры.

Для проверки *угла опережения подачи топлива* используют моментоскоп, собранный из стеклянной трубки диаметром 2–3 мм и отрезка трубки высокого давления с накидной гайкой, соединенных между собой резиновой трубкой.

Некоторые неудобства всех методов определения угла начала впрыска заключаются в необходимости доступа к маховику или какому-нибудь шкиву двигателя, имеющему угловые метки, по которым стробоскопом и делают замеры. Перспективу устранения этого неудобства видят в наличии на двигателе импульса, соответствующего, например, ВМТ, сопоставляя который с контролируемым импульсом можно определить угол опережения впрыска топлива.

Принципиальная основа других разработанных способов и устройств – анализ кривой давления топлива в трубопроводе между насосом и форсункой. Эти способы позволяют выявить неисправности и на качественном уровне оценить состояние топливной аппаратуры.

Общее свойство всех описанных методов диагностирования топливной аппаратуры – регистрация различных параметров топливо-

подачи на рабочих режимах, а общий недостаток (в большей или меньшей мере) – неточная оценка вследствие искажения нагнетания топлива по указанным ранее причинам.

Состояние агрегатов системы питания, работающих в *системе топливоподачи низкого давления*, проверяют приспособлением КИ-4801. Оно собрано из манометра со шкалой до 400 кПа, корпуса с трехходовым краном и присоединительных устройств. Приспособление подключают к системе топливоподачи параллельно: один шланг – к нагнетательной магистрали подкачивающего насоса перед фильтром тонкой очистки, второй – между фильтром тонкой очистки и топливным насосом. При номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя полость манометра трехходовым краном сообщают с указанными выше магистралями. Если давление, развиваемое поршневым подкачивающим насосом, не превышает 80 кПа, насос заменяют.

Работу *форсунок* контролируют, помимо качественных признаков работы двигателя, по давлению впрыска и качеству распыливания топлива, а также по параметрам вибрации и шума. Для контроля и регулировки форсунок в условиях эксплуатации используют прибор КИ-562, включенный в комплект средств диагностики и технического обслуживания.

Форсунки диагностируют без снятия их с двигателя с помощью устройства КИ-9917 ГОСНИТИ. Его принципиальная конструкция аналогична прибору КИ-562. Устройство соединяют с рабочей форсункой через топливопровод высокого давления, отключаемый от секции топливного насоса. Топливо нагнетают в форсунку и по манометру определяют давление впрыска. Качество распыла топлива форсункой определяют по характерному звуку. Если звук впрыска нечеткий и глухой, то необходимо снять форсунку и проверить ее состояние повторно, как уже указывалось. Если после восьми–десяти качаний рычагом приспособления стрелка манометра покажет давление не более 0,5–1 МПа, это также указывает на неисправность форсунки.

Для проверки форсунок применяют и другие простейшие приспособления и приборы – эталонную форсунку с тройником, максиметр. При параллельном подключении контролируемой и эталонной форсунки или максиметра регулировкой рабочей форсунки добиваются одновременного впрыска топлива.

Более совершенные методы диагностирования *подвижности иглы и закоксовывания* сопловых отверстий распылителя основываются на анализе кривой давления топлива в трубопроводе и регистрации колебаний волн давления в трубопроводе.

4.12. Диагностирование системы смазки

Один из важнейших показателей работоспособности **системы смазки** – *давление масла в магистрали*. Причины понижения давления масла в магистрали могут быть разные: разрегулировка клапанов, снижение производительности масляного насоса вследствие износа его деталей. Для контроля этих параметров разработаны различные приборы и приспособления. Прибор КИ-4858 для определения производительности масляного насоса и давления открытия предохранительного, перепускного и сливного клапанов системы смазки тракторных двигателей состоит из панели с тремя манометрами, дросселя-расходомера для контроля производительности насоса, нагрузочного и сливного дросселя для создания необходимого противодействия масла на выходе из дросселя-расходомера и присоединительных устройств. Один из манометров предназначен для контроля давления в магистрали двигателя, два других манометра измеряют давление масла перед входом в дроссель-расходомер и на выходе из него. Для подключения прибора к двигателям разных марок он снабжен комплектом присоединительных устройств. Прибор подсоединяют к оси ротора при снятых колпаке и роторе центрифуги. Второй рукав прибора и трубку штатного манометра соединяют с тройником, установленным вместо этой трубки. Создавая различные режимы протекания масла через прибор, проводят соответствующие проверки. Одновременно с проверкой регулируют внешние клапаны. Большая трудоемкость диагностирования – главный недостаток описанного прибора.

Другой важнейший показатель работы системы смазки – *способность фильтров очищать масло от абразивных примесей*. Известно, что наиболее эффективна центробежная очистка масла. Но чтобы использовать все преимущества такой очистки, необходимо обеспечить надежную работу центрифуги при минимальной трудоемкости ее обслуживания.

Эффективность очистки масла *центрифугой* в любой момент полностью определяют данными о массе осадка в роторе и частоте его вращения.

Совершенствованию методов контроля работоспособности центрифуги посвящено много прикладных работ. Анализ их показывает, что усилия авторов направлены главным образом на разработку методов и средств для определения частоты вращения ротора центрифуги. С этой целью рекомендуется измерять продолжительность остановки ротора (метод выбега), использовать вибрационные язычковые тахометры (прибор КИ-1308В), индуктивные и электротепловые импульсные датчики, стробоскопы и фототахометры.

Основной недостаток большинства предложенных способов состоит в том, что необходима частичная разборка центрифуги. В связи с этим проверка нередко оказывается более трудоемкой, чем очистка ротора.

На современные конструкции полнопоточных центрифуг прибор КИ-1308В не может быть установлен. Использование других приборов (стробоскопов, фототахометров и др.) нецелесообразно по экономическим расчетам. Установление же работоспособности центрифуги только по методу выбега, как показали исследования ГОСНИТИ, не достаточно для определения качества очистки масла в центрифуге. В процессе очистки масла центрифугой заполняется лишь «активный» объем ротора, т. е. объем, внутри которого практически возможны отложения. Поскольку прокачка масла через центрифугу при прочих равных условиях постоянна, заполнение ротора осадком сопровождается увеличением скорости прохождения масла через ротор – от начальной до максимальной (критической), когда устанавливается динамическое равновесие между массой смываемых и вновь осаждающихся частиц.

При увеличении скорости потока масла всегда остается свободный (критический) объем ротора, прилегающий к его колонке, через который масло беспрепятственно проходит в главную магистраль и к форсункам. Отсюда ясно, что заполнение ротора осадком практически не влияет на скорость его вращения в процессе работы двигателя.

После прекращения подачи масла в центрифугу (после остановки двигателя) ротор продолжает еще некоторое время вращаться под действием силы инерции и реактивной силы струи вытекающего из него масла. Каждая из этих сил неодинакова при наличии в

роторе осадка и без него. Заполнение ротора осадком приводит к увеличению его момента инерции и к уменьшению объема ротора, занятого маслом. Первое способствует увеличению продолжительности вращения ротора до остановки, а второе – уменьшению ее примерно на ту же величину. Поэтому продолжительность остановки ротора центрифуги с осадком и без него практически одинаковая. Это подтверждается результатами экспериментов.

По частоте вращения ротора можно лишь оценить способность центрифуги выполнять свое функциональное назначение. Для объективной оценки процесса очистки масла необходимо еще знать массу задержанного центрифугой осадка. Эту массу без разборки ротора можно определять приспособлением КИ-9912, которое представляет собой компактный пружинный динамометр с индикатором часового типа.

Это же приспособление рекомендуется использовать и для *оценки качества моторного масла*. Состояние последнего определяют по средней скорости накопления отложений в центрифуге. Получить ее нетрудно, если известны масса осадка в роторе и промежуток времени, за который этот осадок накоплен. Такая проверка в настоящее время наиболее проста.

Скорость накопления отложений в центрифуге непосредственно связана с содержанием присадок в масле, его окисляемостью и содержанием примесей. Знание скорости накопления отложений в центрифуге позволяет достаточно надежно судить о качестве масла. Другие средства, рекомендованные ранее для тех же целей (планшет с фильтровальной бумагой и т. п.), не нашли применения в силу субъективности, а также сравнительно высокой сложности и трудоемкости их применения.

Далеко не всегда нужна количественная оценка скорости вращения ротора. Зачастую нежелателен запуск и прогрев двигателя. В подобных случаях может оказаться полезным способ оценки работоспособности центрифуги по чистоте наружной поверхности ротора. В процессе работы центрифуги часть масла неизбежно просачивается между осью и корпусом ротора на его поверхность. Если ротор делает более 4 тысяч оборотов в минуту, масло под действием центробежной силы сбрасывается с его наружной поверхности, увлекая имеющиеся на ней загрязнения. Горячее масло обладает удовлетворительными моющими свойствами. Поэтому наружная поверхность быстро вращающегося ротора, как правило, остается

чистой. Если же она покрыта маслом или загрязнена, то это свидетельствует о том, что скорость вращения ротора меньше допустимой.

Скорость вращения ротора может уменьшиться вследствие падения давления масла на входе в центрифугу ниже нормы, засорения форсунок, разрыва прокладки между основанием и крышкой ротора, нарушения размерной цепи центрифуги или неправильной сборки ротора. Большинство этих неисправностей можно обнаружить при внешнем осмотре центрифуги.

4.13. Диагностирование системы охлаждения

Основные контролируемые *параметры системы охлаждения* – ее герметичность и охлаждающая способность радиатора. *Герметичность системы* проверяют на прогретом двигателе, используя компрессор или любую сеть сжатого воздуха. Установив поршень первого цилиндра в ВМТ на такте сжатия, в камеру сгорания через отверстие под форсунку (ее снимают) подают воздух под давлением 0,5 МПа. При неисправной головке цилиндров или ее прокладке пузырьки воздуха будут выходить на поверхность воды в верхний бак радиатора. Аналогичную проверку проводят по всем цилиндрам. При отсутствии источника сжатого воздуха состояние головки и прокладки можно проверить, прокручивая коленчатый вал двигателя пусковым устройством при снятых ремнях привода водяного насоса.

Для выявления негерметичностей внешних соединений системы охлаждения заливную горловину радиатора плотно закрывают специальной насадкой и в систему охлаждения подают воздух под давлением 0,15 МПа. Если давление падает за 10 с более чем на 10 кПа, то это указывает на наличие в системе негерметичности и на необходимость обнаружения течи.

О герметичности системы охлаждения судят и по содержанию воды в масле.

Охлаждающую способность радиатора можно установить по перепаду температуры охлаждающей жидкости на входе в радиатор и выходе из него. Для этого на прогретом до температуры воды (85–90 °С) двигателе через заливную горловину опускают один стеклянный термометр в верхний бачок радиатора, а на колбу второго термометра надевают короткую резиновую трубку, второй конец

которой соединяют со спускным краником нижнего бачка радиатора, после чего открывают краник. Допускаемая разность температуры воды в верхнем и нижнем бачках радиатора не меньше 10 °С. Если охлаждающая жидкость постоянно перегревается, то проверяют также исправность термостата.

Одна из наиболее распространенных неисправностей системы охлаждения двигателя – неправильная регулировка *натяжения ремня вентилятора*. Недостаточное натяжение ремня способствует перегреву двигателя, не обеспечивает нормальную работу генератора и приводит к ускоренному изнашиванию ремня. Если натяжение ремня превышает допустимое, он быстро вытягивается. Кроме того, это вызывает избыточную радиальную нагрузку на подшипники генератора, их перегрев, вытекание смазки и повышенный износ подшипников. Поэтому проверка натяжения приводных ремней в эксплуатации – одна из обязательных ответственных операций.

Известны специальные устройства для проверки натяжения ремня по стреле его прогиба под нагрузкой. Планку таких устройств устанавливают на шкивы проверяемого ремня, на ремень нажимают стержнем, усилие на который передается через динамометр, и по величине перемещения стержня относительно неподвижной планки судят о натяжении ремня. При больших межцентровых расстояниях между шкивами устройства становятся громоздкими.

Разработанное в ГОСНИТИ устройство КИ-8920 собрано из корпуса-ручки, расположенного внутри него указателя нагрузки на шток и двух сегментов, шарнирно связанных между собой и штоком (рис. 4.9).

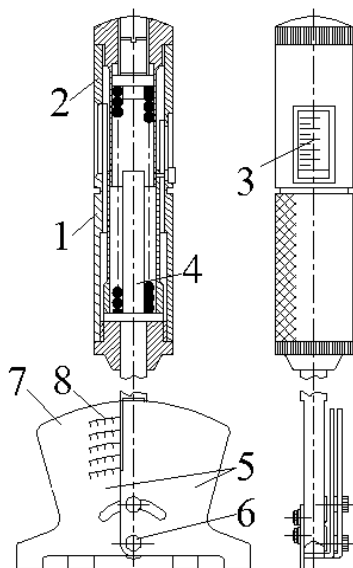


Рис. 4.9. Приспособление КИ – 8920 для проверки натяжения ремней:

1 – корпус-рукоятка; 2 – пружина динамометра; 3 – шкала динамометра; 4 – шток; 5 – сегменты; 6 – шарнир, соединяющий сегменты со штоком; 7 – указатель межцентрового расстояния ременной передачи; 8 – шкала прогиба ремня

Устройство работает так: оператор готовит его к исходному состоянию, устанавливая кнопкой указатель нагрузки на нуль и раздвигая подвижные сегменты так, чтобы их нижние торцы находились на одной линии. Затем устройство устанавливают сегментами на проверяемый ремень и нажимают на ручку устройства, следя за показанием указателя нагрузки. При нагружении ремня сегменты устройства поворачиваются относительно своей оси на угол, пропорциональный стреле прогиба. Как только нагрузка на ремень достигнет заданной, устройство снимают, уточняют величину нагрузки, приложенной к ремню, и считывают значение прогиба ремня по шкале на сегментах.

Устройство КИ-8920 универсальное, обеспечивает удовлетворительную точность проверки натяжения ремней. Оно простое в обращении и надежное в эксплуатации. Трудоемкость проверки натяжения ремня устройством КИ-8920 не превышает 0,02 чел.-ч. Относительная погрешность измерения – не более 5 %.

Низкая трудоемкость и достаточная точность характеризуют и другой способ контроля степени натяжения ремня, когда обе ветви стягиваются на равных расстояниях от точек касания ветвей ремня со шкивами с определенной нагрузкой и измеряют расстояние между точками нагрузки.

4.14. Диагностирование двигателей по анализу отработавшего масла

В организации оперативного диагностирования двигателя, в оценке уровня его технической эксплуатации и оценке состояния моторного масла важное значение имеют *методы и средства анализа отработанного масла*.

Анализ проб масла из картера двигателя и отложений в маслоочистителях выполняют с целью определения количественного содержания продуктов износа деталей, загрязнений и примесей, попадающих в масло, а также элементов, указанных в паспорте состава масла.

Количество железа, алюминия, кремния, хрома, меди, свинца, олова и других элементов в пробе масла позволяет судить о *скорости изнашивания деталей*. Так, по изменению содержания железа в отработанном масле можно судить о скорости изнашивания таких деталей, как гильзы цилиндров, шейки коленчатых валов, поршневые маслосъемные кольца и др., а по изменению концентрации алюминия – о скорости изнашивания поршней и т. д.

Продукты почвенной пыли (кварц, кальций, окислы алюминия (глина – бокситы) и др.) характеризуют состояние воздушного тракта, воздушного фильтра, а также состояние и работу воздухоочистителей.

По изменению содержания элементов, включенных в первоначальный комплекс присадок (барий, фосфор, сера, молибден и др.), можно судить о работоспособности моторного масла. Если в результате анализа установлено, что содержание элементов в составе присадок меньше допустимых значений, то необходимо заменить масло.

Для анализа пробу масла отбирают, когда частицы износа находятся во взвешенном состоянии (т. е. в прогретом и работающем двигателе). Отбор осуществляют через отверстие масломерной линейки с помощью шприца.

Периодичность отбора проб зависит от целей диагностирования. При диагностическом контроле, например, в период обкатки двига-

теля, можно взять несколько проб по мере перехода с одного режима на другой.

В практике эксплуатации тракторных двигателей установлено, что пробы масла для анализа целесообразно отбирать через 120 мото-часов. Следует отобрать пробы и сделать анализ масла перед диагностированием двигателя, после доремонтной наработки, перед техническим осмотром тракторного парка.

Особый интерес представляет анализ отработавшего масла при ТО-2 (480–500 мото-ч) или ТО-3 (960–1000 мото-ч), когда в соответствии с инструкцией по эксплуатации конкретной модели трактора необходимо производить замену масла. В этом случае можно оценить содержание элементов износа и в отложениях маслоочистителей.

Как показывают исследования, с учетом своевременной доливки масла, интенсивности его очистки и угара концентрация элементов износа в картерном масле зависит прежде всего от скорости изнашивания деталей двигателя. При этом после известной наработки уровень концентрации приблизительно стабилизируется и в условиях определенного вида работ, выполняемого трактором, начинает колебаться около некоторого уровня. Например, стабилизация концентрации уровня железа в масле современных тракторных двигателей наблюдается примерно через 200–250 мото-ч после заливки или доливки свежего масла. Таким образом, анализ проб картерного масла, отобранных перед ТО-2, позволит определить уровень стабилизации. В этом случае содержание элементов износа в масле наиболее полно отражает связь со скоростью изнашивания деталей.

Для количественного определения элементов износа в работавшем масле применяют *методы*: спектрального анализа, колориметрические, индукционные, радиоактивные, методы вставок и др.

Наибольшей информативностью и универсальностью отличается *метод спектрального анализа*. По характерному спектру, полученному при сжигании пробы масла в зоне электрического разряда, оценивают содержание элементов износа в масле, содержание посторонних примесей и содержание присадок.

Фотоэлектрические колориметры позволяют по оптической плотности стандартного раствора и раствора, полученного после обработки пробы работавшего масла, оценить содержание элементов износа. Метод требует сжигания пробы работавшего масла (в тече-

ние 1,5–2 часов) с последующим приготовлением исходных растворов и относится к трудоемким.

При *индукционном методе* определяются показатели индуктивности (зависят от содержания ферромагнитных продуктов износа). Достоинство метода – возможность его оперативного использования при диагностировании (даже в полевых условиях). В индукционные катушки вставляются пробирки с эталонным маслом и с работавшим маслом. Индукционные катушки соединяются в мостовую измерительную схему. Определяется сигнал баланса моста и по нему с использованием тарировочных графиков или таблиц определяется содержание в работавшем масле ферромагнитных продуктов износа.

5. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРАНСМИССИЙ И МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАКТОРОВ

Сопряжения и детали трансмиссии и механизмов управления работают в *условиях знакопеременных нагрузок*, зависящих от вида выполняемой работы, рельефа поля и его размеров, от физико-механических характеристик почвы, от тягового усилия, запыленности окружающей среды, от состояния основных деталей и других факторов.

Несвоевременное и некачественное техническое обслуживание, а также нарушение правил эксплуатации резко сокращают срок службы агрегатов трансмиссии и приводят к интенсивным износам и отказам.

Основные причины отказов следующие:

- нарушение регулировок;
- разгерметизация картеров;
- нарушение режимов смазки;
- образование чрезмерных зазоров, вызывающих значительные динамические нагрузки в элементах кинематических пар трансмиссий.

Отсутствие возможности предупреждения отказов осложняет работу хозяйств и вызывает значительное увеличение затрат на техническое обслуживание и ремонт машин, поэтому особое значение имеет разработка методов и средств диагностирования систем и механизмов трансмиссий *без их разборки*.

Одним из основных показателей технического состояния механизмов трансмиссий, механизмов управления и тормозов трактора, который характеризует их работоспособность, является *износ деталей и сопряжений*, главным образом зубьев зубчатых колес, подшипников, шлицевых соединений, дисков фрикционных муфт, элементов пар трения тормозных механизмов.

Известно несколько *методов оценки технического состояния* перечисленных элементов тракторов. Их можно разделить на две основные группы:

1. Методы, обеспечивающие определение *комплексных показателей* технического состояния механизмов и систем (расход трансмиссионного масла, содержание продуктов износа в масле, уровень вибрации, температура масла и т. д.).

2. Методы, обеспечивающие определение *параметров, характеризующих износное состояние отдельных элементов* (зазоры в подшипниках, износы зубчатых колес, нарушение герметичности уплотнений, вязкость трансмиссионного масла и др.).

5.1. Диагностирование трансмиссий

К перспективным методам диагностирования трансмиссий относятся *вибраоакустические*.

Так, например, разработан метод определения степени изношенности зубьев шестерен и подшипников, основанный на измерении вибраоакустического сигнала, идущего от шестерен при их работе на различных передачах. Для повышения точности измерений и разрешающей способности метода наряду с измерением средних значений сигналов с помощью пьезоэлектрического датчика, устанавливаемого на корпусной детали (муфты сцепления, коробки передач, заднего моста и т. д.), измеряют также максимальные значения вибраоакустических сигналов.

В Швеции фирма SKF разработала метод *ударных импульсов* и выпускает прибор МЕРА-10А для оценки состояния подшипников качения, основанный на свойстве поврежденного (изношенного) подшипника вызывать механические удары, которые приводят к высокочастотным вибрациям, передаваемым на кольца подшипников.

Вибропреобразователь через переходник устанавливают в резьбовое отверстие, выполненное в корпусе проверяемого узла в непо-

средственной близости от подшипника. Степень повреждения подшипников определяют по интенсивности ударов. При контакте шариков или роликов с поврежденными поверхностями беговых дорожек колец возникают механические удары, которые вызывают вибрации. Эти удары возбуждают электрические сигналы, амплитуды которых регистрирует показывающий или записывающий прибор (может быть и компьютер). По величине ударных импульсов определяют состояние подшипника.

К недостаткам описанного метода оценки состояния подшипников качения относится необходимость сверления отверстий под установку датчиков в непосредственной близости от каждого проверяемого подшипника.

В настоящее время довольно хорошо разработаны методы, позволяющие выделять ударные импульсы, генерируемые отдельными элементами (детальями), из общего спектра ударных импульсов, создаваемых узлом. Поэтому отверстия для установки датчиков могут выполняться в потенциально проблемных зонах корпусов еще на стадии их изготовления и затем закрываются резьбовыми пробками.

По концентрации продуктов износа в смазке определяют износ деталей и сопряжений механизмов.

Содержание химических элементов в смазке механизма прямо пропорционально скорости изнашивания его деталей. Зная химический состав материалов деталей и имея статистические данные о сравнительной скорости их изнашивания, можно проследить за динамикой изнашивания различных деталей или по резкому возрастанию содержания продуктов износа определить начало аварийного износа деталей (шестерен, валов, подшипников).

Пробы масла для анализа отбирают сразу же после остановки машины, когда масло горячее и продукты износа находятся во взвешенном состоянии .

Основные методы измерения концентрации продуктов износа в масле:

- спектральный;
- колориметрический;
- магнитно-индукционный;
- радиоактивный.

Известен также *экспресс-метод оценки содержания абразивных примесей* (железа и кремния) в нефтепродуктах. Сущность этого метода заключается в измерении силы трения между пластинами, разделенными слоем испытываемого масла при определенных температуре и усилии прижатия пластин. Этот метод позволяет в течение нескольких минут практически в любых условиях (в том числе и в полевых) определить количество абразивных примесей в масле и по их концентрации выявить необходимость замены масла или углубленного диагностирования. На рис. 5.1 показана схема установки для определения содержания абразивных примесей в масле, а на рис. 5.2 – экспериментально полученная зависимость силы трения от концентрации примесей.

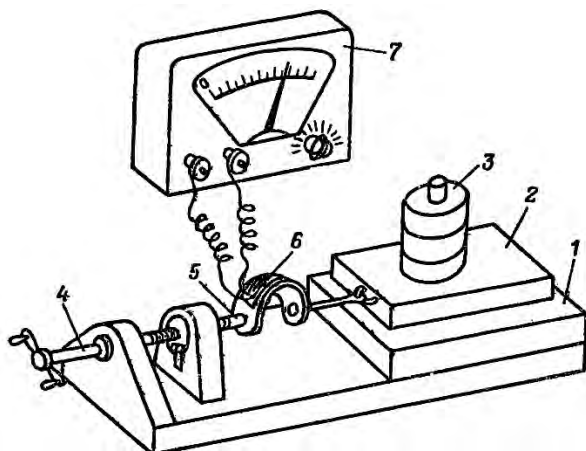


Рис. 5.1. Схема устройства для определения абразивных примесей в масле:
 1 – неподвижная пластина; 2 – подвижная пластина; 3 – заданный груз;
 4 – приводной механизм; 5 – ползунок; 6 – датчик; 7 – указатель

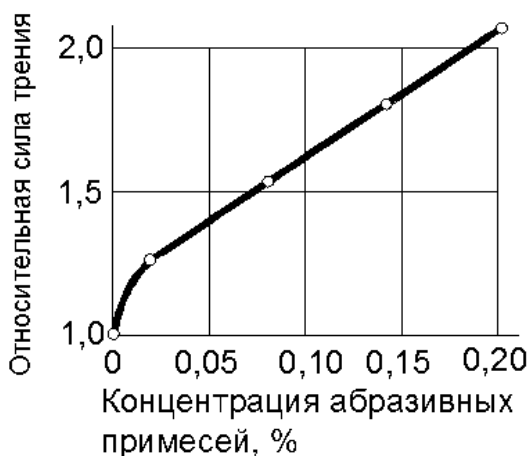


Рис. 5.2. Зависимость силы трения от концентрации примесей

Широко применяются *температурные методы* оценки технического состояния трансмиссий, позволяющие бесконтактно измерять температуру с высокой точностью и низкой трудоемкостью. К этим методам относятся следующие:

- метод оптической и цветовой пирометрии;
- электроакустический метод;
- термошумовой метод;
- методы с использованием жидких кристаллов.

Широкое использование для интегральной оценки технического состояния трансмиссий тракторов получил метод оценки по *суммарному угловому зазору*. Известно, что этот зазор в кинематических парах складывается из боковых зазоров отдельных сопряжений, входящих в кинематическую цепь той или иной передачи. Поэтому по величине суммарного углового зазора можно судить о зазорах и износе трансмиссии в целом.

Исследования показывают, что изменение суммарного углового зазора зависит от наработки машин, условий работы и качества технического обслуживания.

Предельное значение суммарного углового зазора в агрегатах трансмиссии характеризует значительный износ зубчатых колес, шлицевых соединений и подшипников и служит основанием для разборки, например, коробки передач и заднего моста с целью измерения от-

дельных зазоров и определения конкретных подшипников и зубчатых колес, подлежащих замене. Для измерения суммарных боковых зазоров разработан и выпускается прибор КИ-13909. Этот прибор состоит из корпуса с магнитами для крепления угломера на ведущем колесе трактора, жидкостной ампулы с пузырьком воздуха и шкалы, расположенной на корпусе. Пределы измерения угломера 0—9°, цена деления шкалы 15'.

Угловой зазор определяют в следующей последовательности. Освобождают ведущие колеса (звездочки) гусеничного трактора, разъединив гусеничные цепи, или кожух одной из полуосей колесного трактора поднимают домкратом до отрыва колеса от опорной поверхности. С помощью магнитов устанавливают угломер на ведущем колесе гусеничного трактора или на освобожденной полуоси колесного трактора. Включают передачу, в зацеплениях которой необходимо определить зазор. Вращая колесо в одну сторону, выбирают зазор в зацеплениях (момент на колесе должен быть в пределах 100–120 Н·м). Поворотом угломера вокруг его оси левый или правый конец пузырька ампулы устанавливают на отметку «0» шкалы. Медленно вращая колесо в другую сторону до устранения зазора, по положению конца пузырька на шкале определяют суммарный зазор кинематической цепи на данной передаче. Номинальные φ_n и предельные $\varphi_{пред}$ значения суммарных угловых зазоров в трансмиссии на различных передачах для тракторов МТЗ-82 и ДТ-75М даны в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Суммарные угловые зазоры в механизмах трансмиссий
(по углу поворота ведущего колеса)

| Передача | МТЗ-82 | | ДТ-75М | |
|----------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| | φ_n | $\varphi_{пред}$ | φ_n | $\varphi_{пред}$ |
| I | 30' | 6° | 20' | 7° |
| II | 30' | 7° | 20' | 7° |
| III | 30' | 6° | 20' | 7°30' |
| IV | 30' | 6° | 25' | 7°30' |
| V | 30' | 6° | 30' | 7° |
| VI | 1° | 7° | 35' | 7° |
| VII | 1° | 7° | 40' | 7° |
| VIII | 1° | 7° | — | — |

Для трактора МТЗ-1025 суммарный угловой зазор в зацеплении шестерен переднего ведущего моста, замеренный на ведущей шестерне главной передачи, установлен равным 2–6° (номинальное значение) и 10° (предельное значение). Предельное значение суммарного углового зазора в трансмиссиях тракторов МТЗ-1005/1025 на всех передачах составляет 5°.

Методика определения углового зазора в конечной передаче тракторов аналогична рассмотренной выше, но в этом случае стояночным тормозом необходимо затормозить ведущую шестерню соответствующей конечной передачи. Для тракторов МТЗ-80/82, МТЗ-1005/1025, ДТ-75М номинальные и предельные значения зазоров в конечных передачах соответственно равны 20' и 2°, 20' и 1°20', 1°40' и 4°30'.

Применяются также *методы оценки технического состояния отдельных механизмов, деталей и сопряжений*. К ним относятся стробоскопический и силовой методы определения технического состояния фрикционных муфт сцепления, методы раздельного определения герметичности сальниковых уплотнений.

Общее техническое состояние *фрикционных муфт* сцепления определяют по степени их пробуксовки под нагрузкой – по времени проскальзывания ведомого диска относительно ведущего на 360°. Проскальзывание замеряют стробоскопическим прибором, муфту нагружают тормозной установкой.

Разработан метод безразборной оценки *фрикционных муфт* по усилию, прикладываемому к педали управления муфтой. Сущность метода заключается в определении усилия, приложенного к педали в момент трогания трактора с места при плавном включении муфты.

Этот же метод может быть использован для оценки технического состояния *муфт поворота* гусеничных тракторов.

В процессе эксплуатации тракторов неисправности *муфт сцепления* возникают вследствие износа или поломки фрикционных накладок, изменения свободного хода педали сцепления, из-за неисправностей выжимных подшипников и нажимных пружин.

Некоторые из этих неисправностей можно выявить «на слух».

Общее состояние муфты сцепления можно достаточно просто определить по степени пробуксовки дисков под нагрузкой. Для этого в процессе движения при средней частоте вращения коленчатого вала полностью затормаживают трактор, не выключая муфту сцеп-

ления. Если двигатель остановится – муфта сцепления исправна, если же двигатель будет работать с меньшей частотой вращения, то это означает, что муфта пробуксовывает.

Метод раздельного определения *герметичности сальниковых и других уплотнений картеров агрегатов машин* заключается в подаче воздуха под определенным давлением через заливную горловину в картер. По расходу воздуха (по утечкам) судят об общей разгерметизации картера. При превышении параметров разгерметизации возникает необходимость определения конкретного места нарушения герметичности. Естественно, что при использовании этого метода соответствующие сапуны должны быть заглушены.

5.2. Диагностирование механизмов управления и тормозов

К показателям технического состояния *механизмов управления и тормозов* колесных тракторов относятся:

- свободный ход рулевого колеса и усилие на нем;
- сходимость направляющих колес;
- износ деталей тормозов, ход тормозных педалей и усилие на тормозных педалях.

У тракторов с *гидроусилителем* рулевого управления и пневматической системой показателями технического состояния дополнительно служат:

- давление открытия предохранительного клапана в системе ГУР;
- износ деталей распределителя ГУР;
- производительность насоса ГУР;
- герметичность клапанов компрессора;
- герметичность пневмосистемы и давление воздуха в ней;
- состояние регулятора давления пневмосистемы (в т. ч. верхний и нижний пределы регулирования).

Свободный ход рулевого колеса проверяют с помощью индикатора КИ-13949, который состоит из указателя, сектора со шкалой и кронштейна. На обод рулевого колеса одевается сектор со стороны ветрового стекла трактора. С противоположной стороны к рулевому колесу крепится кронштейн. Запускают двигатель трактора (при наличии у трактора гидроусилителя руля) и устанавливают максимальную частоту вращения коленчатого вала. Рулевое колесо поворачивают вправо до устранения зазоров в рулевом механизме и в шар-

нирах рулевых тяг. Указатель с помощью присоски устанавливают на ветровое стекло трактора таким образом, чтобы линейка указателя оказалась на линии начала шкалы сектора. Затем рулевое колесо поворачивают влево для выборки зазоров и по положению линейки относительно сектора определяют величину свободного хода рулевого колеса. У тракторов МТЗ-80 свободный ход рулевого колеса не должен превышать 20° , у тракторов МТЗ-1005 и Т150К – 25° . Если измеренная величина превышает допустимую, то свободный ход рулевого колеса необходимо отрегулировать в соответствии с инструкцией по эксплуатации трактора.

В тех случаях, когда выборка зазоров в рулевом механизме и шарнирах рулевых тяг при повороте рулевого колеса рукой не ощутима, рулевое колесо поворачивают через динамометр, подсоединенный к кронштейну. Создаваемое при этом усилие должно быть направлено по касательной к рулевому колесу.

Определение *усилия на рулевом колесе* трактора нужно производить в следующем порядке:

- отсоединить поперечные тяги от рулевой сошки или вывесить передний мост трактора;
- запустить двигатель (при наличии гидроусилителя) и установить максимальную частоту вращения коленчатого вала;
- поворачивать через динамометр, подсоединенный к кронштейну приспособления КИ-13949, рулевое колесо в одну и другую сторону до отказа и определить усилие на рулевом колесе.

У тракторов с гидроусилителем руля усилие на ободу колеса должно быть не более 50 Н, а у тракторов без гидроусилителя – не более 80 Н.

Сходимость направляющих колес проверяют универсальной линейкой КИ-650, представляющей собой металлическую штангу, которая состоит из четырех стальных телескопических труб, вставленных одна в другую. Длину линейки изменяют выдвиганием труб в соответствии с измеряемым расстоянием между колесами трактора. Трубы фиксируются между собой подпружиненными штифтами с острыми наконечниками. Зажатая между колесами трактора линейка удерживается под действием спиральной пружины и упирается в колеса коническими наконечниками. Для правильной (горизонтальной) установки линейки по высоте на ее концах имеются две цепоч-

ки. На подвижной трубке закреплена шкала, проградуированная в миллиметрах, на неподвижной – стрелка-указатель.

Для определения сходимости замеры производят на уровне оси вращения колес, упирая линейку наконечниками в выпуклые части боковин шин спереди трактора. Линейка должна быть горизонтальной. Затем, не снимая линейки, устанавливают нулевое деление шкалы против стрелки-указателя (путем перемещения шкалы по трубке) и перекачивают трактор вперед настолько, чтобы линейка расположилась сзади по отношению к оси вращения колес. По шкале против стрелки-указателя определяют сходимость.

Сходимость передних колес должна быть в пределах 4–8 мм (МТЗ-80/82) и 0–8 мм («Беларус»-1523). Ее регулируют путем изменения длины поперечных рулевых тяг. Сходимость регулируют при плановых технических обслуживаниях, а у универсально-пропашных тракторов – и при изменении колеи передних колес.

Техническое состояние тормозов контролируют (кроме тракторов К-700-710 и Т-150К) по полному ходу тормозной педали (или педалей). Если ход педали не соответствует регламентированному значению или ход педалей различный, то проводят регулировку. Так, например, у тракторов МТЗ-80 полный ход тормозных педалей должен находиться в пределах 70–90 мм. В процессе эксплуатации допускается увеличение полного хода до 110 мм. При регулировке не допускается полный ход менее 70 мм. У тракторов «Беларус»-1523 свободный ход тормозных педалей должен быть в пределах от 3 до 7 мм, а полный ход при усилии на одной педали, равном 300 Н, – в пределах 90–110 мм.

У тракторов семейства «Кировец» и тракторов Т-150К проверяют *ход штоков тормозных камер* при заполненной сжатым воздухом пневмосистеме и нажатой тормозной педали. Если измеренные значения параметров находятся за пределами допустимых, то проводят соответствующие регулировки.

Допустимые параметры для тракторов К-700 и Т-150К соответственно:

- ход штока – не более 55 и 35 мм;
- разница ходов штоков тормозных камер одного моста – не более 7 и 3 мм;
- свободный ход педали – не менее 10 и 25 мм.

Эффективность рабочих тормозов колесных тракторов можно оценить по величине тормозного пути при экстренном торможении на сухой асфальтобетонной дороге с установленной (регламентированной) начальной скорости.

Эффективность действия *рабочей и стояночной тормозных систем* может быть определена и на специальных диагностических стендах с беговыми барабанами. Эти стенды также позволяют определить неравномерность тормозных сил, создаваемых тормозными механизмами на колесах одного моста.

6. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРОСИСТЕМ ТРАКТОРОВ

6.1. Отказы и неисправности гидросистем

Разнообразные нарушения работоспособности *гидравлических систем* можно объединить в *две группы*:

1. *Нарушения нормальной циркуляции масла по заданному режиму работы гидросистемы*. Возможные причины – неплотное соединение трубопроводов и агрегатов; неисправности запорных устройств соединительных муфт; залегание (или заклинивание) подвижных элементов гидравлических устройств (золотников, клапанов и т. д.); разрегулировка или потеря герметичности устройств, управляющих циркуляцией масла.

2. *Недопустимое отклонение функциональных характеристик агрегатов гидросистемы*, вызванное в большинстве случаев нарушением герметичности их рабочих объемов из-за износа или разрушения деталей; снижение производительности гидронасосов; повышение утечек масла в распределителях и других механизмах, а также в гидроцилиндрах (перетекании масла из одной полости в другую через неплотности между поршнем и зеркалом цилиндра).

При нарушениях работоспособности второй группы гидросистема продолжает функционировать, однако значения основных результирующих характеристик ее рабочих процессов, например времени подъема навесного орудия и способности удерживать его в транспортном положении длительное время, отклоняются от регламентированных значений.

Допускаемое отклонение параметров устанавливаются из технико-экономических соображений с учетом снижения производительности МТА и других факторов.

Отклонение параметра, превышающее допускаемое, считают *отказом гидросистемы*.

6.2. Параметры состояния гидравлических систем

В процессе работы гидросистемы вследствие изнашивания ее составных частей и нарушения герметичности уплотнений изменяются параметры, характеризующие работу насоса, распределителя, силовых цилиндров и других элементов.

Работоспособность гидросистемы зависит от состояния маслопроводов и присоединительной арматуры – главным образом от состояния запорных устройств, предназначенных для предотвращения вытекания масла из маслопроводов и шлангов при их разъединении. При нарушении герметичности гидросистемы, вызванном утечкой рабочей жидкости и подсосом воздуха, а также при неисправных запорных устройствах (залегании шариков, поломке пружин) нарушается работа силового цилиндра по причине отсутствия или плохой циркуляции масла. В результате этого подъем и при-нудительное опускание машины (орудия) замедляются или вообще прекращаются.

Часто неудовлетворительная работа силового цилиндра вызывается *неисправностями насоса, распределителя и самого цилиндра*. Для диагностирования этих составных частей затрачивается много времени и необходимы специальные устройства, в то время как на проверку состояния маслопроводов и присоединительной арматуры требуется 3–4 мин без применения каких-либо приспособлений. Поэтому прежде чем приступить к диагностированию основных агрегатов гидросистемы, необходимо убедиться в отсутствии подтекания рабочей жидкости и в исправности присоединительной арматуры. При таком порядке технического обслуживания наряду с сокращением трудоемкости работ исключается влияние случайных факторов (подсоса воздуха, утечек рабочей жидкости, дополнительного сопротивления ее потоку) на параметры, характеризующие степень износа основных составных частей гидросистемы.

Срок ее службы обуславливается и состоянием основного фильтра, установленного в сливной магистрали. Чрезмерно загрязненные фильтрующие элементы не фильтруют рабочую жидкость, вследствие чего трущиеся сопряжения насоса, распределителя и силового цилиндра усиленно изнашиваются.

К *параметрам технического состояния распределителя* кроме степени износа золотниковых пар относятся состояние перепускного и предохранительного клапанов, давления срабатывания автоматов золотников и открытия предохранительного клапана. При неудовлетворительном состоянии этих составных частей гидросистема работает плохо или совсем не работает.

Об *износном состоянии насоса гидросистемы и его остаточном ресурсе* судят по подаче, которую определяют дросселем-расходомером непосредственно на тракторе.

Состояние гидроувеличителя сцепного веса (ГСВ) тракторов оценивают по давлению срабатывания предохранительного клапана и величине давления подпора масла в основном цилиндре, а также по герметичности ГСВ и запорного клапана. Состояние силового (позиционного) регулятора тракторов оценивают по расходу масла.

Основное *условие бесперебойной работы гидросистемы* в течение межремонтного периода – соблюдение правил и технологии технического обслуживания. Следует своевременно подтягивать крепления, заменять рабочую жидкость и промывать фильтры и систему дизельным топливом, менять изношенные резиновые уплотнения и другие детали, а также выполнять необходимые регулировочные работы в мастерской на стенде.

6.3. Основные неисправности гидронавесных систем тракторов

Основные неисправности *гидронавесных систем* тракторов представлены в табл. 6.1, а причины возникновения неисправностей и методы их устранения – в табл. 6.2.

Таблица 6.1

Основные неисправности гидронавесных систем тракторов

| Неисправности | Последовательность выявления неисправностей (по номерам табл. 6.2) |
|--|--|
| Навешенная машина или орудие: | |
| – не поднимается или не опускается; | 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 |
| – поднимается или опускается медленно; | 16; 4; 5; 10; 11; 14; 13; 12; 9; 7; |
| – поднимается медленно, а опускается быстро, с ударом | 17; 15 |
| – поднимается рывками | 12; 20 |
| – самопроизвольно опускается с поднятого положения | 5; 11; 14 |
| – сначала поднимается нормально, а затем не поднимается | 11; 9; 18; 19; 15; 4 |
| Выбрасываются масло и пена из сапуна масляного бака | 11; 7 |
| Сильный нагрев масла при работе без нагрузки | 21; 22; 10; 14; 20; 23 |
| Повышенный расход масла в баке гидросистемы и увеличение уровня масла в картерах двигателя или трансмиссии | 25; 5; 26; 24; 7; 27 |
| Самопроизвольное отключение насоса | 16; 23 |
| Поршень силового цилиндра полностью не опускается | 28; 29 |
| Повышенное буксование ведущих колес трактора | 18; 30 |
| Ломается подвижный упор штока и изгибается или ломается стержень клапана в силовом цилиндре | 31; 32 |
| Рычаги управления распределителя: | 33 |
| – не возвращаются в положение «Нейтральное» | 10; 11; 17; 7; 34; 35 |
| – не фиксируются в рабочих положениях | 10; 36; 37 |
| – не включаются в положение «Подъем» | 38 |
| – преждевременно возвращаются в положение «Нейтральное» | 4; 12; 37; 36. |

Таблица 6.2

**Причины возникновения неисправностей гидронавесных систем
и методы устранения неисправностей**

| № п/п | Причины неисправностей | Методы устранения |
|----------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Не включен гидронасос | Остановить двигатель и включить насос |
| 2 | Зазор между упором и стержнем клапана силового цилиндра меньше 10 мм | Поднять подвижный упор на штоке цилиндра и после подъема навешенной машины установить его на место |
| 3 | Заклинился клапан ограничителя хода поршня силового цилиндра | Осторожно приподнять клапан плоскогубцами. При частом заклинивании заменить резиновые уплотнения |
| 4 | Ослабли накидные гайки запорных устройств | Проверить и завернуть накидные гайки до отказа |
| 5 | Нет или мало масла в гидравлической системе | Проверить уровень масла в баке и при необходимости долить до нормального уровня |
| 6 | Нарушилось нормальное действие перепускного клапана распределителя (забилось грязью жиклерное отверстие в плунжере клапана или механические частицы на направляющей и седле ограничивают полную посадку клапана) | Остановить двигатель, разобрать перепускной клапан, промыть дизельным топливом, прочистить жиклерное отверстие, проверить рабочие поверхности и легкость перемещения, собрать и установить на место. При обнаружении механических примесей в масле промыть всю гидросистему и заправить ее свежим маслом |
| 7 | Насос не создает необходимого давления из-за больших внутренних утечек | Снять насос и в мастерской заменить уплотнительные кольца |
| 8 | Засорился замедлительный клапан | Отсоединить шланги, вывернуть штуцер с замедлительным клапаном, промыть и установить на место |
| 9 | Неисправны уплотнения в поршне силового цилиндра | Отсоединить маслопроводы, снять силовой цилиндр и в мастерской заменить уплотнения |

Продолжение табл. 6.2

| 1 | 2 | 3 |
|----|--|---|
| 10 | Холодное масло в гидросистеме | Опуская и поднимая навешенную машину при нормальных оборотах двигателя, прогреть масло до 35° |
| 11 | Горячее масло в гидросистеме. Неправильно установлен замедлительный клапан в силовом цилиндре | Выключить насос и охладить масло Отсоединить маслопроводы и установить замедлительный клапан в сливную магистраль, обозначенную буквой «П» |
| 12 | Неисправно запорное устройство соединительных шлангов | Разобрать запорное устройство с более слабой пружиной и под упор подложить шайбу толщиной около 1 мм |
| 13 | Наличие воздуха в магистралях гидросистемы | Устранить подсос воздуха во всасывающей магистрали и в насосе. Удалить воздух из гидросистемы через пробки силового цилиндра и ослабленные гайки шлангов подъемом и опусканием машины |
| 14 | Износились золотники распределителя | Заменить распределитель или подсоединить силовой цилиндр к соседнему золотнику |
| 15 | Наружная течь масла через соединения и трещины в маслопроводах | Подтянуть болты и гайки в местах подтекания масла или заменить маслопровод, имеющий трещину |
| 16 | Неисправен предохранительный клапан распределителя. Неисправен клапан регулирования хода поршня | Снять распределитель и в мастерской устранить неисправность Заменить резиновые уплотнения клапана и проверить его герметичность Снять гидроувеличитель сцепного веса и в мастерской устранить неисправность |
| 17 | Неисправен запорный клапан гидроувеличителя сцепного веса | Отсоединить шланг от силового цилиндра и установить замедлительный клапан на сливной магистрали |
| 18 | Отсутствует замедлительный клапан на сливной магистрали силового цилиндра | Промыть набивку крышки дизельным топливом |
| 19 | Загрязнилась набивка в крышке заливной горловины | Проверить уровень масла, слить или долить масло в бак до нормального уровня |

Продолжение табл. 6.2

| 1 | 2 | 3 |
|----|--|---|
| 20 | Избыток или недостаток масла в гидросистеме | Снять насос и в мастерской заменить сальник |
| 21 | Износился самоподжимной сальник гидронасоса | Разобрать и промыть фильтр в дизельном топливе |
| 22 | Загрязнен фильтр масляного бака | Проверить положение рукояток распределителя и все золотники неработающих цилиндров установить в положение «Нейтральное» |
| 23 | Рычаг распределителя одного из цилиндров находится в рабочем положении | Выправить вмятины или заменить поврежденный маслопровод |
| 24 | Погнуты или смяты маслопроводы | Снять ГСВ, разобрать и промыть клапан в мастерской |
| 25 | Завис обратный или предохранительный клапан ГСВ | Подтянуть стопорный винт включения насоса, заменить фиксатор или пружину |
| | Неисправен механизм включения насоса | Снять насос, установить стопорное кольцо и подсоединить насос |
| 26 | Выпало стопорное кольцо в приводе насоса (двигатель СМД-14) | Снять гидроцилиндр, разобрать, сменить фибровые стопорные прокладки и затянуть гайку |
| 27 | Отвернулась гайка штока поршня в силовом цилиндре. Не работает ГСВ | Правильно установить рукоятки управления и маховичок подпора ГСВ |
| 28 | Заедает золотник автоматической подзарядки аккумулятора | Снять ГСВ, разобрать, промыть золотник и его отверстие дизельным топливом |
| 29 | Неправильно установлен подвижный упор на штоке силового цилиндра | При длительных переездах и работе с установкой рычага управления в положение «Плавающее» подвижный упор надо передвинуть к головке штока поршня |
| 30 | Заедает золотник распределителя | Несколько раз переставить золотник рычагом в различные положения |
| 31 | Сломалась возвратная пружина золотника, износился толкатель или гнездо клапана бустера | Снять распределитель, в мастерской устранить неисправность и отрегулировать клапан бустера |

| 1 | 2 | 3 |
|----|--|--|
| 32 | Износились фиксаторные или рабочие кромки опорной и выжимной втулок золотника | Снять распределитель и в мастерской заменить изношенные детали |
| 33 | Ослабла или сломалась пружина клапана бустера | Снять распределитель и заменить или отрегулировать пружину клапана |
| 34 | Ослабла посадка штифта в отверстии вкладыша и штифт задевает за обойму фиксатора | Снять распределитель и отправить в мастерскую на ремонт |

6.4. Характерные неисправности отдельно-агрегатной системы и навесного устройства тракторов МТЗ-80/82, МТЗ-1005/1025, оборудованных силовым (позиционным) регулятором

Характерные неисправности, их внешние проявления, методы устранения, необходимые регулировки, применяемый инструмент и принадлежности приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

| Неисправности, внешнее проявление | Методы устранения, необходимые регулировки | Применяемые инструменты и принадлежности |
|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Орудие, навешенное на заднее навесное устройство, не поднимается | | |
| Зависание перепускного клапана распределителя (гидросистема работает без давления) | Вынуть детали клапана, промыть и установить их в корпус | Ключи 8×10, 12×14, отвертка |
| Отсутствует давление в гидросистеме из-за выпадения шарика предохранительного клапана из седла | Отвернуть колпачковую гайку, винт регулировки, вынуть пружину, направляющую шарика и установить шарик в седло | Ключ 22×24, магнит круглый, отвертка, молоток, зубило |
| Неправильно отрегулирована тяга управления регулятором | Отрегулировать длину тяги управления регулятором | Ключ 11×13 |

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|---|
| Отсутствует «принудительное» опускание навески | | |
| Неправильно отрегулирована тяга управления регулятором | Отрегулировать длину тяги управления регулятором | Ключ 11×13 |
| Медленный подъем сельскохозяйственного орудия | | |
| Подсос воздуха в систему | Выявить место подсоса и устранить дефект | Ключ 12×14 |
| Повышенные утечки масла в насосе | Проверить производительность насоса. Заменить насос, если его объемная подача при давлении 10 МПа, температуре масла 50 °С и номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя ниже допустимой. Перед началом замера отсоединить от насоса нагнетательный маслопровод регулятора и установить вместо него заглушку | Ключи 12×14, 17×19, 32×36, отвертка, дроссель-расходомер ДР-90 с переходниками, термометр |
| Вспенивание масла в баке и выплёскивание его через сапун | | |
| Подсос воздуха в систему по всасывающей магистрали | Подтянуть крепление и при необходимости заменить прокладки всасывающего патрубка | Ключ 12×14 |
| Подсос воздуха через самоподжимные манжеты вала масляного насоса системы гидравлики или насоса системы ГУР | Проверить состояние манжет в насосах ГУР и гидросистемы, при необходимости заменить их | Ключи 8×10, 11×13, 12×14, 17×19, 27×30, отвертка |

Продолжение табл. 6.3

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|--|
| Повышенный нагрев масла при работе гидросистемы | | |
| Недостаточное количество масла в баке | Долить в бак масло до метки «П» на указателе уровня масла | Заправочная воронка |
| Погнуты или смяты маслопроводы | Устранить вмятины или заменить маслопроводы | Ключи 27×30, 32×36 |
| Рассухаривание стержневого клапана перепускного клапана распределителя | Заменить стержневой клапан | Ключ 12×14 |
| Сельскохозяйственное орудие не удерживается в транспортном положении | | |
| Утечка масла по уплотнительным кольцам поршня цилиндра | Заменить уплотнительные кольца поршня цилиндра | Ключи 8×10, 12×14, 22×24, 27×30, торцевые ключи S = 24, S = 27 |
| Рычаг управления регулятором не установлен в положение «Нейтральное» | Установить рычаг регулятора в положение «Нейтральное» | |
| Неправильно отрегулировано положение тяги управления регулятором | Отрегулировать тягу | Ключи 8×10, 11×13, 12×14 |
| Негерметичность по обратному или запорному клапанам регулятора | Вынуть и промыть детали клапанов; при необходимости (если негерметичность не устранилась) причеканить шарик к седлу Для запорного клапана причеканку производить в положении рычага управления регулятором «Подъем» | Ключи 8×10, 27×30, 32×36 |

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|--|
| Рукоятка распределителя не возвращается автоматически из положения «Подъем» в «Нейтральное» после окончания подъема сельхозорудия | | |
| Нарушена регулировка давления срабатывания автоматики возврата золотников в положение «Нейтральное» | Проверить давление автоматики возврата золотников и при необходимости отрегулировать на требуемое давление | Дроссель-расходомер ДР-91, ключи 8×10, 12×14, 17×19, 32×36, отвертка, пассатижи. |
| При работе с использованием силового способа регулирования изменение глубины пахоты превышает агротехнические нормы | | |
| Закрыт кран скорости коррекций | Повернуть маховичок регулирования скорости коррекций против часовой стрелки до упора | |
| Центральная тяга навесного устройства установлена на нижних отверстиях серьги | Установить центральную тягу на верхние отверстия серьги, а при недостаточной глубине пахоты – на средние | |
| Неправильно отрегулирована силовая тяга | Отрегулировать силовую тягу | Ключ 17×19 |
| Неправильно отрегулирован силовой датчик | Отрегулировать силовой датчик | Ключ 17×19 |
| Разбиты отверстия под болты соединительной стяжки на стойке и раме плуга, недостаточная жесткость рамы плуга | Произвести ремонт плуга, обеспечив жесткость рамы и всех болтовых соединений со стойкой | |
| Рычаг управления регулятором не возвращается автоматически (под действием пружин регулятора) из положения «Подъем» в положение «Нейтральное» | | |
| Заедание в шарнирных соединениях тяги управления с рычагами на секторе и валике управления (погнутость, коррозия деталей) | Устранить заедание, зачистить рабочие поверхности деталей шарнирных соединений от коррозии и нанести слой смазки | Ключи 8×10, 11×13, пассатижи, молоток |

6.5. Проверка гидравлической системы внешним осмотром

Проверка внешним осмотром производится при техническом обслуживании, непосредственно в процессе эксплуатации и в случае отказов в работе.

Во время *диагностики гидравлической системы* проверяют нагрев насоса, распределителя, силовых цилиндров, трубопроводов, гидроувеличителя сцепного веса (ГСВ), силового (позиционного) регулятора; состояние запорных устройств и разрывных муфт; время подъема и опускания сельскохозяйственной машины, а также величину усадки поршня гидроцилиндра (с навешенным орудием в транспортном положении).

У неисправного *насоса* нагреваются корпус и прилегающие к нему участки трубопроводов. Если не исправен распределитель (масло полностью или частично направляется не в силовой цилиндр, а в бак), – греются все трубопроводы большого диаметра, насос и бак. У неисправного силового цилиндра нагреваются металлические трубопроводы малого и большого диаметров.

Техническое состояние *гидроувеличителя сцепного веса* определяют по нагреву его корпуса во время работы с полным подпором масла (маховичок ГСВ повернут против часовой стрелки до отказа). Если детали изношены, то увеличивается утечка масла из полости высокого давления магистрали «гидроаккумулятор–гидроувеличитель–силовой цилиндр». Кроме этого, ухудшается подзарядка гидроаккумулятора и золотник ГСВ чаще «зависает» между исходным и рабочими положениями. Это вызывает «дресселирование» масла и повышенный нагрев корпуса ГСВ в зоне сливной полости.

Следует помнить, что *дресселирование* масла в ГСВ, силовом (позиционном) регуляторе вызывает перегрев масла, снижает давление подпора, уменьшает чувствительность ГСВ и регулятора к изменению глубины обработки почвы навесными машинами.

Состояние *запорных устройств и муфт* гидравлической системы проверяют при температуре масла 45–50°. Для этого попеременно переключают распределитель в положения «Подъем» и «Опускание» и на ощупь определяют напряжение шлангов. Если орудие не поднимается и оба шланга не напрягаются, значит «залег» шарик в муфте со стороны нагнетательной магистрали к шлангу подъема. Если орудие не поднимается, а шланги напрягаются, – это указыва-

ет на «залегание» шарика в муфте сливной магистрали со стороны распределителя. Если орудие не опускается и шланги находятся под напряжением, – «залег» шарик муфты нагнетательной магистрали со стороны гидроцилиндра.

При отсутствии указанных неисправностей муфт и запорных устройств проверяют *время полного подъема и опускания орудия*. Эти измерения повторяют не менее 10 раз. Средняя продолжительность полного подъема и опускания орудия не должна превышать значений, приведенных в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Показатели, необходимые для диагностирования гидросистем тракторов

| Марка трактора | Масса машины или орудия, кг | Допустимая продолжительность, с | | Допустимая усадка поршня за 30 мин, мм | | Допустимая разница усадки, мм |
|--|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------|-------------------------------|
| | | полного подъема оси подвеса | полного опускания оси подвеса | при подключенной магистрали | при отключенной магистрали | |
| К-701, К-700, Т-4А, Т-100М, Т-150К | 1600 | 5 | 3 | 50 | 30 | 20 |
| ДТ-75М, ДТ-75, Т-74 | 1400 | 5 | 3 | 50 | 30 | 20 |
| «Беларус» серий 800, 900, 1000, Т-40М, Т-40А | 800 | 4 | 2 | 40 | 25 | 15 |
| Т-25, ДТ-20, Т-16, Т-16М | 500 | 4 | 2 | 40 | 25 | 15 |

При *медленном подъеме или резком опускании* определяют работоспособность отдельных узлов и агрегатов гидросистемы трактора. Для этого навешенное орудие поднимают в транспортное положение и через каждые 30 мин мерной линейкой измеряют расстояние между упором штока и крышкой силового цилиндра. Допустимая *усадка штока* приведена в табл. 6.4. Если она чрезмерна, отключают магистраль и повторяют опыт. При этом нужно предварительно убедиться в отсутствии *подтекания* масла через запорный клапан соединительной муфты.

Если и в этом случае усадка превышает допустимые значения, значит, изношены уплотнительные кольца поршня или клапан ограничения хода штока. Разность усадок, замеренных при включенной и отключенной магистрали, превышающая значения, приведенные в табл. 6.4, характеризует нарушение герметичности золотника распределителя.

6.6. Диагностирование гидросистем и их агрегатов

Плановое диагностирование гидросистем в целях профилактики и предупреждения отказов в рабочий период выполняют по ряду диагностических параметров, характеризующих работоспособность основного фильтра, гидронасоса, распределителя и силовых цилиндров. Агрегаты гидросистемы проверяют после того, как внешним осмотром определена исправность всех маслопроводов и соединений, а также опросом механизаторов либо опробыванием гидросистемы в работе установлено наличие признаков нарушения работоспособности системы. В случае выявления таких признаков диагностируют гидросистему в последовательности, обеспечивающей быстрое обнаружение возможных неисправностей. При этом руководствуются материалами табл. 6.1–6.3. До проверки агрегатов простейшими методами определяют качество масла в гидросистеме.

Ресурсные параметры агрегатов гидросистемы, которые надо контролировать в первую очередь, следующие:

- производительность масляного насоса и создаваемое им давление;
- гидравлическая плотность сопряжения «корпус–рабочий пояс золотника распределителя»;
- герметичность клапанов и уплотнений силового цилиндра.

Так как все эти параметры влияют на *функциональные параметры* гидросистемы в целом, на скорость подъема навешенного орудия и его усадку в транспортном положении, то проверку общего состояния гидросистемы можно выполнять по названным параметрам.

Для диагностирования гидросистем тракторов выпускают *специальные приборы*, применение которых в несколько раз уменьшает длительность и трудоемкость проверок.

Для проверки технического состояния агрегатов гидросистемы без снятия их с трактора используют прибор КИ-1097Б (дроссель-расходомер ДР-70) (рис. 6.1) и приспособление КИ-6272 для отклю-

чения нагнетательного трубопровода от распределителя гидросистемы (рис. 6.2).

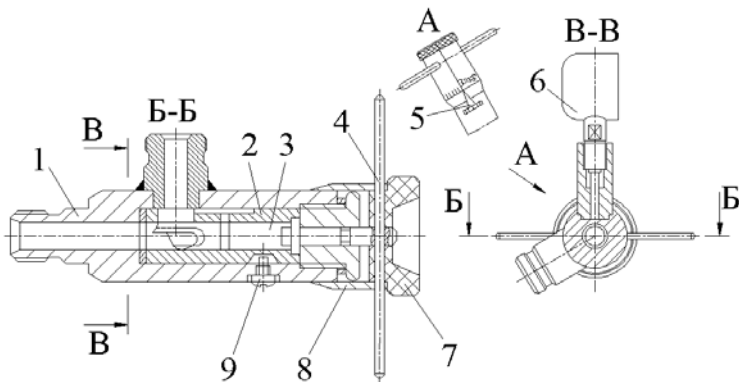


Рис. 6.1. Прибор КИ-1097Б для диагностирования агрегатов гидросистем:
 1 – корпус; 2 – гильза; 3 – плунжер; 4 – стержень; 5 – стрелка; 6 – манометр;
 7 – рукоятка дросселя; 8 – лимб; 9 – установочный винт

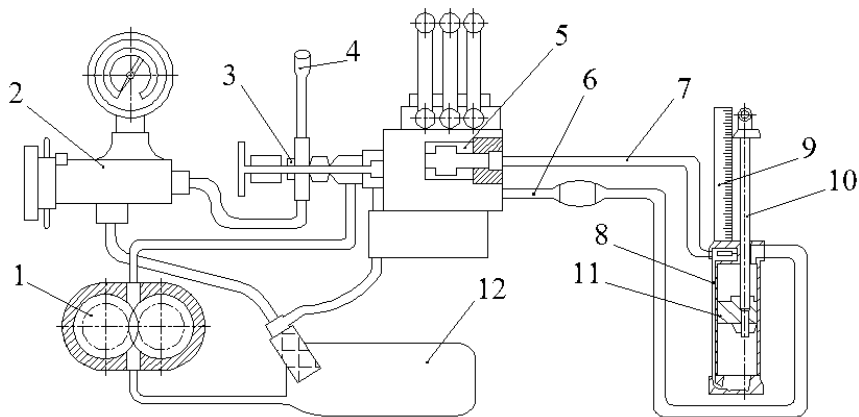


Рис. 6.2. Схема подключения прибора КИ-1097Б и приспособления КИ-6272
 для проверки состояния агрегатов гидросистем:
 1 – насос; 2 – прибор КИ-1097Б; 3 – приспособление КИ-6272; 4 – запорное устройство;
 5 – распределитель; 6, 7 – трубопроводы; 8 – гидроцилиндр; 9 – масштабная линейка;
 10 – шток; 11 – поршень; 12 – бак гидросистемы

Дроссели-расходомеры для контроля гидросистем выпускают со шкалой расходов, действительной для масла D_{11} и давления перед

дросселем 10 МПа при температуре масла $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$. Для проверки производительности гидронасосов при номинальном скоростном режиме двигателя и подключенном к гидросистеме приборе дросселем повышают давление в нагнетательной магистрали насоса до 10 МПа (контролируют по манометру прибора) и по отметке на шкале прибора напротив указателя определяют производительность. Шкалу расходов периодически контролируют на стендах для испытания агрегатов гидросистемы и корректируют изменением положения указателя.

При *проверке насосов*, номинальная производительность которых больше 1,5 л/с (90 л/мин), определяют производительность Q насоса при пониженной частоте вращения коленчатого вала или вала отбора мощности (ВОМ), а полную производительность Q_n вычисляют по формуле

$$Q_n = Q \cdot \frac{n_n}{n}, \text{ л/с,}$$

где n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала или ВОМ.

Для *определения гидравлической плотности сопряжений рабочих поясков золотников* с корпусом шланг (см. рис. 6.2) отсоединяют от трубопровода 6 (его заглушают) и соединяют со свободным штуцером приспособления КИ-6272. Золотники остаются в нейтральном положении. Создав давление 10 МПа, по линейке 9 фиксируют перемещения штока гидроцилиндра за 5 мин. Оно не должно превышать 80 мм.

Чтобы проверить *герметичность уплотнений гидроцилиндра*, поршень 11 устанавливают в среднее положение и разъединяют запорное устройство трубопровода 7 (или отсоединяют шланг и на штуцер ставят заглушку). Рукоятку золотника переводят в положение «Подъем», создают давление 10 МПа и по линейке 9 фиксируют выход штока 10 из цилиндра за 3 мин. Перемещение штока не должно превышать 7,5 мм.

Гидроувеличитель сцепного веса и другие агрегаты гидросистем тракторов проверяют методами, аналогичными описанным выше.

Загрязненность или неисправность фильтра гидросистемы проверяют по давлению масла в сливной магистрали (перед фильтром) с помощью приспособления, состоящего из манометра со шкалой до 0,6 МПа, переходного штуцера, шланга и наконечника с резиновым

уплотнением (КИ-5472). В переходном штуцере установлено демпфирующее устройство для сглаживания пульсаций давления масла.

Состояние фильтра проверяют после прогрева масла в гидросистеме до 45–50 °С. Для выполнения проверки наконечник приспособления соединяют с маслопроводом для выносного цилиндра, соединенного со сливной магистралью распределителя (запорное устройство отсоединяют). Рукоятку соответствующего золотника устанавливают в плавающее положение. При номинальной частоте вращения коленчатого вала по манометру приспособления определяют давление масла перед фильтром.

С помощью устройства КИ-5473, в комплект которого входит прибор КИ-1097-1 (рис. 6.3), можно определить *следующие параметры* гидросистемы трактора:

- объемную подачу насоса;
- состояние перепускного клапана и распределителя или расход масла в нем;
- давление срабатываний автоматов золотников распределителя;
- давление срабатывания предохранительного клапана распределителя.

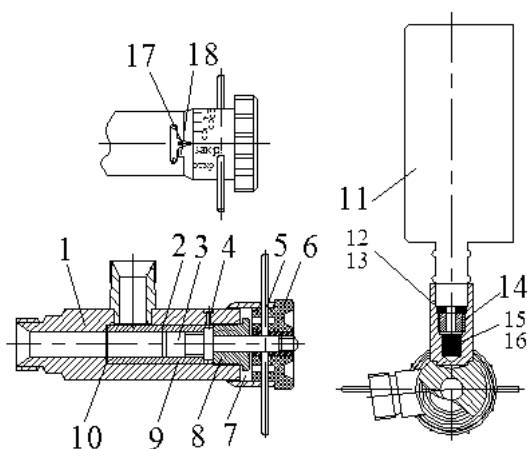


Рис. 6.3. Устройство прибора КИ-1097-1:

1 – корпус; 2 – гильза; 3 – плунжер; 4 – установочный винт; 5 – стержень; 6 – рукоятка дросселя; 7 – лимб; 8 – упорная гайка; 9, 10, 12, 13 – уплотнительные прокладки; 11 – манометр; 14 – специальная гайка; 15 – шайба демфера; 16 – пластина демфера; 17 – ограничитель; 18 – стрелка-указатель

Проверка (рис. 6.4, а) производительности насоса 1 осуществляется с помощью прибора КИ-1097-1, который представляет собой дроссель-расходомер 2. Прибор подключают к нагнетательной магистрали 3 насоса так, чтобы все масло при работе насоса проходило через прибор 2, далее – через магистраль 4 и сливалось в бак 5 гидросистемы. При этом распределитель 6 в работе не участвует.

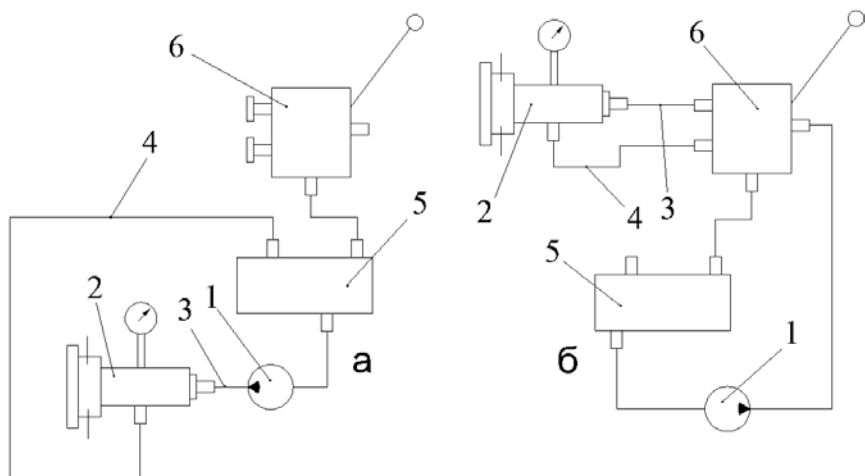


Рис. 6.4. Схема проверки узлов гидросистемы тракторов:

a – объемной подачи насоса; *б* – распределителя;

1 – насос гидросистемы; 2 – дроссель-расходомер; 3, 4 – шланги; 5 – бак гидросистемы; 6 – распределитель гидросистемы трактора

Подключают прибор в гидросистему с помощью переходного штуцера и шлангов 3 и 4, имеющих в комплекте прибора.

Во избежание вспенивания рабочей жидкости в баке гидросистемы конец выходного рукава 4 прибора при проверке объемной подачи насоса должен находиться ниже уровня жидкости в баке 5.

Перед пуском двигателя необходимо убедиться в том, что магистраль устройства открыта и рукоятка дросселя установлена в положение «открыто». Включив насос в работу, устанавливают номинальную частоту вращения вала двигателя. Поворачивая рукоятку дросселя, устанавливают давление в нагнетательной магистрали насоса 10 МПа. При этом отметка на шкале прибора против стрелки

указателя будет соответствовать объемной подаче проверяемого насоса. Если она меньше значения, указанного для предельно изношенного насоса, то последний подлежит ремонту.

Проверка гидрораспределителя 6 производится прибором КИ-1097-1, который подключается к одному из маслопроводов выносного гидроцилиндра по схеме, представленной на рис. 6.4, б.

Состояние предохранительного и перепускного клапанов определяется по расходу масла через распределитель 6. Для этого рукоятку золотника выносного цилиндра переводят в положение «подъем». Вращая рукоятку прибора КИ-1097-1, устанавливают давление 10 МПа. По шкале прибора 2 определяют расход масла, проходящего через распределитель. При исправном состоянии клапанов расход масла не должен отличаться от действительной производительности насоса более чем на 5 л/мин.

Давление срабатывания автоматов возврата золотников в нейтральное положение определяют путем установки рукоятки прибора в положение «открыто», а рукоятки проверяемого золотника

— в положение «подъем». Плавно проворачивая рукоятку прибора, поднимают давление до момента срабатывания автомата (т. е. до возвращения рукоятки золотника в нейтральное положение) и фиксируют это давление. Аналогично проверяют давление срабатывания автоматов других золотников. Номинальное давление срабатывания автоматов золотников у трактора МТЗ-80 должно находиться в пределах 12,5–13,5 МПа.

Для определения *давления срабатывания предохранительного клапана* рукоятку золотника переводят в положение «подъем» и, удерживая ее в этом положении, плавно перекрывают слив масла из прибора и фиксируют показания манометра прибора. Давление срабатывания предохранительного клапана распределителя у трактора МТЗ-80 должно находиться в пределах от 14,5 до 16 МПа.

Таким образом, большинство методов диагностирования гидросистем основано на измерении характеристик рабочего потока жидкости (давления, расхода) измерительными устройствами и параметров движения исполнительного органа (штока гидроцилиндра) с помощью секундомера и линейки. При этом обязательным элементом диагностирования является загрузка гидросистемы или обычным рабочим способом, или дросселированием рабочего потока.

Первый способ весьма трудоемкий, а дросселирование вызывает интенсивный нагрев жидкости. Как следствие этого, возрастают погрешности измерения.

Перспективна *разработка универсальных методов* диагностирования агрегатов и узлов машин, реализуемых электронными измерительными устройствами, с использованием измерительных преобразователей (датчиков), не требующих дополнительного внедрения в объект.

7. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАКТОРОВ

Неисправности электрооборудования в основном обусловлены *следующими причинами*:

- окислением или подгоранием контактов;
- замыканием обмоток или проводов;
- перегоранием предохранителей;
- выходом из строя (чаще всего пробоем) полупроводниковых компонентов;
- износом щеток, контактных колец и коллекторов и др.

Таким образом, эти причины обуславливают разрывы в электрических цепях или протекание электрических токов не по рабочим схемам.

7.1. Диагностирование агрегатов электрооборудования

При плановых технических обслуживаниях контролируют *следующие основные параметры* технического состояния агрегатов электрооборудования:

- уровень и плотность электролита в аккумуляторных батареях;
- напряжение АКБ под нагрузкой (при необходимости);
- величину зарядного тока, обеспечиваемую генераторной установкой при номинальной нагрузке;
- величину напряжения, поддерживаемого регулятором напряжения (или реле-регулятором);
- величину тока, потребляемого обмоткой возбуждения генератора, и величину тока срабатывания реле защиты (при необходимости);

- натяжение приводного ремня генератора;
- ток и напряжение на клеммах стартера в режиме полного торможения (при необходимости);
- падение напряжения в цепях потребителей (при необходимости);
- функциональные параметры агрегатов электрооборудования (систем освещения и световой сигнализации, контрольно-измерительных устройств, вспомогательного электрооборудования и т. д.) последовательным их включением.

Проверки аккумуляторных батарей подробно рассматриваются при изучении дисциплины «Электрооборудование тракторов».

Проверку генераторных установок, электрических стартеров и другого автотракторного электрооборудования можно провести используя переносный прибор КИ-1093. Конструктивно прибор выполнен в металлическом ящике со съёмной крышкой. В ящике имеется пространство, где укреплен выносной шунт и уложен комплект проводов, необходимых для подключения прибора к проверяемым объектам.

Общий вид панели прибора показан на рис. 7.1.

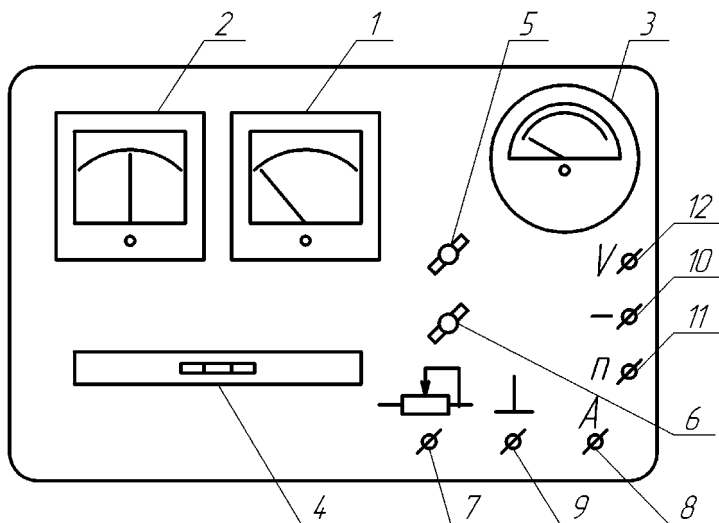


Рис. 7.1. Панель прибора КИ-1093

На рис. 7.1:

1 – вольтметр М903, класс точности 1,0, пределы измерения 0–3 и 0–30 В;

2 – амперметр М903 с двухсторонней шкалой 30-0-30 А, класс точности 1,5. При измерении величины тока с выносным шунтом – пределы измерения 300 и 1500 А, точность измерения не хуже класса 2,5;

3 – тахометр электроимпульсный с пределом измерения до 5000 об/мин, предназначен для измерения частоты вращения четырех-, шести- и восьмицилиндровых бензиновых двигателей, класс точности не хуже 3,0;

4 – рукоятка нагрузочного реостата. Нагрузочный реостат рассчитан на максимально допустимый при испытании ток 25 А в течение 5 мин;

5 – рукоятка переключения вольтметра (положения: –3 В; –30 В; ~30 В);

6 – рукоятка переключения амперметра, тахометра (положения: 30 А; 300 А; 1500 А; 4, 6 и 8 цилиндров);

7 – клемма подключения реостата;

8 – клемма подключения амперметра;

9 – клемма подключения прибора к «массе» испытываемого оборудования;

10 – клемма «–» подключения вольтметра и тахометра;

11 – клемма подключения тахометра;

12 – клемма подключения вольтметра.

7.2. Проверки и диагностика генераторных установок

Натяжение приводных ремней генераторов и других узлов (вентиляторов, компрессоров) контролируются приспособлением КИ-13918, которое состоит из корпуса, двух секторов, штока с рукояткой, опорного кольца, а также цилиндра и пружин, расположенных внутри корпуса.

На левом секторе приспособления нанесена шкала в виде двух наклонных линий, на одной из которых (на левой) нанесены цифры 1, 2, 3, 4, 5, 6, условно обозначающие конкретный типоразмер рем-

ня по ГОСТ 5813–76. Между линиями шкала имеет надпись «Норма», обозначающую зону нормального натяжения ремня, расположенную между линиями. На правом секторе нанесена справочная таблица, по которой можно определить, какой ремень проверяется на конкретном агрегате конкретного двигателя. Агрегаты двигателя в табличке условно обозначены буквами: В – вентилятор, Г – генератор, К – компрессор. Условное цифровое обозначение ремня в табличке соответствует обозначениям, нанесенным на наклонной линии левого сектора.

Для проверки натяжения ремня приспособление прикладывают к его ветви перпендикулярно ей и приблизительно в средней точке между шкивами так, чтобы упоры секторов плотно прижались к боковой, а основания секторов – прилегали к наружной поверхности ремня. Нажимают на рукоятку штока до совмещения кольцевой риски на штоке с верхним торцом пластмассового кольца. Этому положению соответствует усилие сжатия пружины приспособления, равное 40 Н. При этом секторы приспособления раздвигаются на угол, соответствующий величине прогиба ремня. Приспособление снимают с ремня и по шкале левого сектора определяют необходимость натяжения или ослабления ремня. При нормальном натяжении ремня контрольная грань правого сектора не выходит за границы зоны «Норма» в точке с условным обозначением типа приводного ремня. Если контрольная грань сектора перекрывает линию шкалы с условным обозначением типов ремней в точке, где нанесено обозначение данного типа ремня, его следует натягивать, а если не доходит до другой линии шкалы (без цифр) – ремень ослабляют.

Конструкция приспособления КИ-13918 позволяет проверять натяжение ремня по его прогибу на любой ветви независимо от ее длины. При этом угол разворота секторов будет одним и тем же.

1. Для проверки величины напряжения, поддерживаемого реле-регулятором, собирают электрическую схему, изображенную на рис. 7.2, используя провода из комплекта прибора КИ-1093.

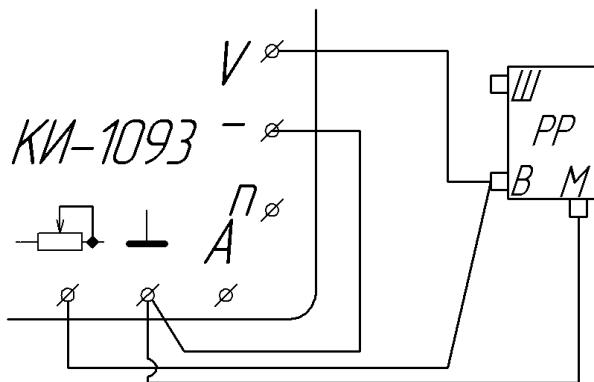




Рис. 7.2. Схема проверки величины напряжения, поддерживаемого реле-регулятором

Для проверки необходимо:

а) проводами соединить клемму «В» реле-регулятора с клеммами «V» и  прибора, клеммы «-» и  с неокрашенной деталью трактора (или клеммой «М» реле-регулятора);

б) установить рукоятку переключателя вольтметра в положение «-30»;

в) включить выключатель «массы» трактора, запустить дизель и установить номинальную частоту вращения коленчатого вала, руководствуясь данными 2-й строки табл. 7.1;

г) дать поработать двигателю в течение 8–10 минут, а затем реостатом 4 по амперметру 2 установить величину тока нагрузки согласно 4-й строке табл. 7.1.

Величина регулируемого напряжения отсчитывается по вольтметру 1 и для реле-регулятора РР362-Б1, 13,6–14,2 В должна быть в положении «лето» и 14,2–15,4 В – в положении «зима».

Исходные данные, необходимые для проверки электрооборудования некоторых тракторов

| № п/п | Наименование показателей | МТЗ-82Л | МТЗ-82 | «Беларусь»-1025 | ДТ-75М | ДТ-75С | Т-150К | «Беларусь»-1523 |
|-------|--|----------|----------|-----------------|----------|---------|---------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Марка двигателя | Д-240Л | Д-240 | Д-245 | АМ-41 | СМД-14 | СМД-62 | Д-260.1 |
| 2 | Номинальная частота вращения двигателя, мин ⁻¹ | 2200 | 2200 | 2200 | 1750 | 1800 | 2100 | 2250 |
| 3 | Марка генератора | Г306-Г1 | Г306-Г1 | 46.3701 | Г306-Г1 | 15.3701 | 15.3701 | 961.3701 |
| 4 | Величина тока нагрузки при проверке реле-регулятора, А | 10±1 | 10±1 | - | 10±1 | - | - | - |
| 5 | Марка реле-регулятора или регулятора напряжения | РР362-Б1 | РР362-Б1 | Я112Б | РР362-Б1 | Я112Б | Я112Б | 7901.3702 |
| 6 | Максимальная величина тока возбуждения, А | 3,6 | 3,6 | 3,8 | 3,6 | 3,3 | 3,3 | 4,3 |
| 7 | Частота вращения дизеля при проверке генератора под нагрузкой, мин ⁻¹ | 1600 | 1600 | 1320 | 1450 | 1240 | 1600 | 1400 |
| 8 | Ток нагрузки генератора, А | 23,5 | 23,5 | 50,0 | 23,5 | 23,5 | 55,0 | 80 |

Окончание табл. 7.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|--|------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| 9 | Прогиб ремня генератора, мм (при усилении, Н) | 10–15 (30–50) | 10–15 (30–50) | 10–15 (30–50) | 8–14 (40–50) | 5–10 (30–50) | 15–20 (40–60) | 10–15 (30–50) |
| 10 | Марка стартера | СТ-352Д | СТ-212А | 24.3708 | СТ-350Б | СТ-362 | СТ-362 | AZJ3353 |
| 11 | Потребляемый ток при полном торможении, не более, А | 250 | 1300 | 1700 | 230 | 250 | 250 | 1150 |
| 12 | Напряжение на клеммах при полном торможении, не более, В | 9,0 | 7,0 | 8,5 | 8,5 | 9,0 | 9,0 | 14 |
| 13 | Усилие прижатия щеток стартера к коллектору, не менее, Н | 10 | 10 | 30 | 10 | 10 | 10 | 25 |
| 14 | Марка АКБ | 6СТ-50ЭМС | 3СТ-215ЭМ 2 шт. | 3СТ-215ЭМ 2 шт. | 6СТ-50ЭМС | 6СТ-50ЭМС | 6СТ-50ЭМС | 6СТ-120А 2 шт. |
| 15 | Объем электролита в АКБ, л | 3,5 | 7,0 | 7,0 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 8,0 |

2. Проверка интегрального регулятора напряжения (ИРН). ИРН встроены непосредственно в генераторы переменного тока. Их проверка осуществляется по схеме, изображенной на рис. 7.3.

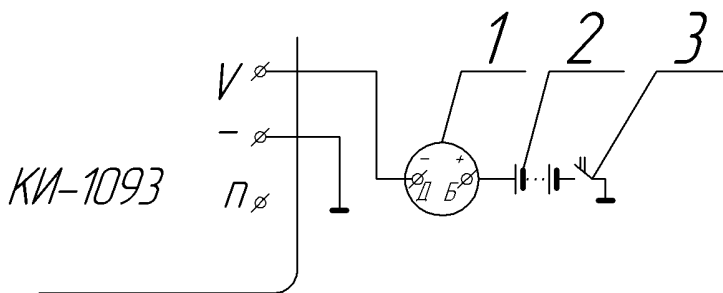


Рис. 7.3. Схема проверки ИРН:
1 – генератор со встроенным ИРН; 2 – АКБ;
3 – выключатель «массы»

Для проверки необходимо:

а) подключить к клеммам генератора вольтметр прибора КИ-1093 и АКБ трактора (либо посторонний источник постоянного тока напряжением 12–12,5 В);

б) установить рукоятку переключения вольтметра в положение «–30»;

в) включить выключатель «массы».

Исправность ИРН определяется по показаниям вольтметра при напряжении источника питания 12,0–2,5 В; если вольтметр показывает более 1,5 В (переключатель вольтметра в этом случае можно установить в положение «–3»), то регулятор исправен; если – около 12 В, то имеется внутренний обрыв; если – около 1 В, то имеет место короткое замыкание входной цепи.

ИРН ремонту не подлежит.

3. Проверка тока, потребляемого обмоткой возбуждения генератора, производится по схеме, изображенной на рис. 7.4.

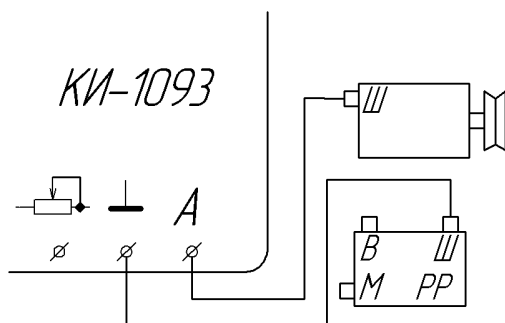



Рис. 7.4. Схема для проверки тока возбуждения генератора

Для проверки необходимо:

а) отсоединить провод от клеммы «Ш» генератора и соединить его с клеммой  прибора, клемму «Ш» генератора проводом соединить с клеммой «А» прибора;

б) не запуская двигатель трактора, включить выключатель «массы» и по амперметру прибора КИ-1093 определить величину тока, потребляемого обмоткой возбуждения генератора. Полученную величину тока возбуждения сравнить со значениями, указанными в 6-й строке табл. 7.1.

4. Проверка тока срабатывания реле защиты. Реле защиты предназначено для защиты транзистора реле-регулятора от коротких замыканий или перегрузки в цепи обмотки возбуждения генератора.

Проверка по определению тока срабатывания реле защиты проводится по схеме, изображенной на рис. 7.5.

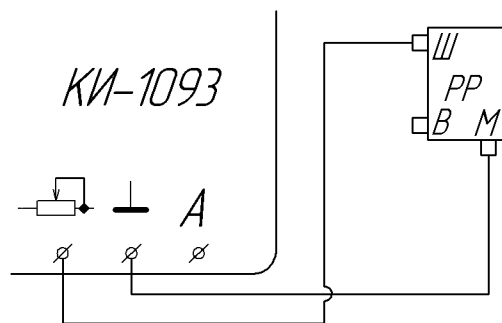




Рис. 7.5. Схема для определения тока срабатывания реле защиты

Для проведения проверки необходимо:

а) отсоединить провод от клеммы «Ш» генератора и подключить его к клемме  прибора, клемму  прибора соединить с неокрашенной деталью трактора (или с клеммой «М» реле-регулятора), рукоятку нагрузочного реостата поставить в крайнее левое положение;

б) не запуская двигатель, включить выключатель «массы» на тракторе и, увеличивая ток в цепи нагрузочным реостатом прибора КИ-1093, проследить визуально момент срабатывания реле защиты. По амперметру прибора определить ток срабатывания реле защиты, который должен быть в пределах 3,2–4,0 А для РР362-Б1.

5. Проверка под нагрузкой генератора переменного тока с реле-регулятором. Для проверки такого генератора под нагрузкой собирают схему, изображенную на рис. 7.6.

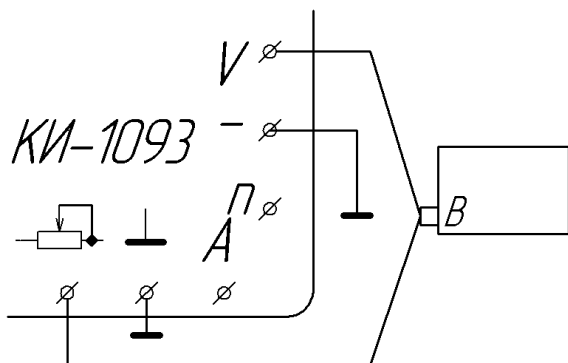




Рис. 7.6. Схема для проверки генератора под нагрузкой

Для проведения проверки необходимо:

а) отсоединить провод от клеммы «В» (плюсовой клеммы) генератора и изолировать его;

б) соединить проводами клеммы  и «V» прибора с клеммой «В» генератора; «←» и  прибора КИ-1093 – с массой (неокрашенной деталью трактора);

в) установить рукоятки на панели прибора КИ-1093: нагрузочного реостата 4 (СМ. РИС. 7.1) в среднее положение; переключателя вольтметра 5 – в положение «–30»;

г) включить выключатель «массы» трактора и запустить двигатель;

д) по тахоспидометру установить частоту вращения коленчатого вала дизеля в соответствии со значением, указанным в строке 7 табл. 7.1, а силу тока нагрузки – в соответствии со значением строки 8 той же таблицы;

е) зафиксировать напряжение на клеммах генератора, которое должно быть не менее 12,5 В.

Колебания силы тока и напряжения не допускаются. Если напряжение ниже 12,5 В, генератор подлежит ремонту.

6. Проверка под нагрузкой генератора с интегральным регулятором напряжения. Генератор такого типа проверяется по схеме, показанной на рис. 7.7. Данные, необходимые для проверки генераторов 15.3701, 46.3701 и 961.3701, приведены в строках 7 и 8 табл. 7.1.

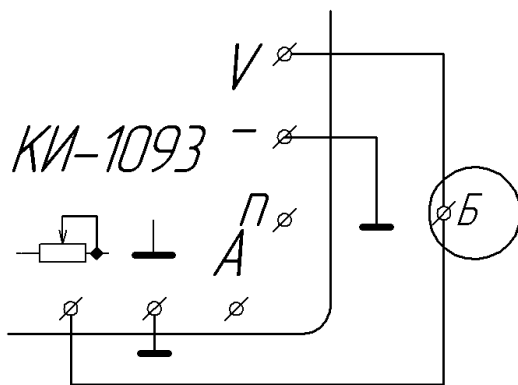


Рис. 7.7. Схема проверки генератора со встроенным ИРН

При проверке генераторов 15.3701, 46.3701 и 961.3701 предел измерения амперметра должен составлять 300 А.

В остальном проверка генератора со встроенным ИРН аналогична проверке генератора с реле-регулятором (см. пункт 5).

7. Проверка натяжения приводного ремня генератора проводится приспособлением КИ-13918 и при необходимости регулируется поворотом генератора вокруг оси его крепления. При этом предварительно должна быть ослаблена затяжка болтовых соединений на оси крепления генератора и на секторной пластине. При правильном натяжении ремня его прогиб при определенном усилии должен соответствовать значениям, приведенным в 9-й строке табл. 7.1.

7.3. Проверки и диагностика стартеров

Проверку стартера по потребляемой мощности в режиме полного торможения можно также провести с помощью прибора КИ-1093. Проверка производится непосредственно на тракторе без снятия стартера. При необходимости проверяют коллектор якоря стартера, щетки и щеточную арматуру, сняв со стартера защитный кожух или защитную ленту. Щетки должны двигаться свободно, без заеданий.

Усилие прижатия щеток к коллектору измеряют динамометром и определяют в момент отрыва пружины от щетки. Если усилие окажется меньше значения, указанного в 13-й строке табл. 7.1, то необходимо заменить щетки (при их значительном износе: более 20 % по высоте) или увеличить давление пружин путем их подгибания.

Если коллектор подгорел или замазился, его протирают чистой ветошью, смоченной в бензине. Если следы подгорания не смываются, коллектор зачищают мелкой стеклянной шкуркой, после чего внутреннюю полость стартера обязательно продувают сжатым воздухом.

Состояние шестерни привода и венца маховика проверяют, сняв стартер с трактора. Если на торцах зубьев имеются забоины, их зашлифовывают.

В случае необходимости у стартеров с электромагнитным тяговым реле снимают крышку реле с контактными болтами и осматривают рабочие поверхности контактных болтов и диска. При их сильном подгорании рабочие поверхности зачищают стеклянной шкуркой или напильником с мелкой насечкой с последующей продувкой сжатым воздухом. В случае чрезмерного износа или очень сильного подгорания рабочих поверхностей контактные болты следует развернуть на 180°, а контактный диск повернуть для замыкания другой стороной.

Проверка стартера в режиме полного торможения. Проверка стартера производится по схеме, изображенной на рис. 7.8.

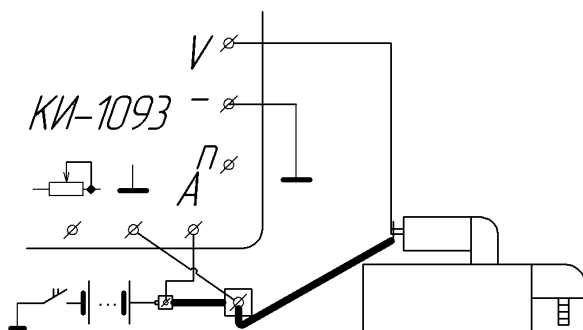


Рис. 7.8. Схема проверки стартера в режиме полного торможения

Для проведения проверки необходимо:

- выключить включатель «массы» на тракторе и снять с плюсового вывода АКБ провод, идущий к стартеру;

- на плюсовой вывод АКБ установить выносной шунт прибора КИ-1093 и переключить прибор на измерение тока 1500 А и напряжения –30 В;

- надеть и закрепить на клемме шунта наконечник провода, снятый с плюсового вывода АКБ;

- соединить клеммы — и «←» с массой трактора (неокрашенной деталью), клемму «V» – с клеммой стартера, а клемму «А» прибора КИ-1093 – с клеммой шунта;

- включить высшую передачу и надежно затормозить трактор стояночным тормозом;

- не нажимая на педаль сцепления, включателем «массы» включить стартер на время, не превышающее 10 с, и произвести отсчет величины тока, потребляемого стартером, и напряжения на его клеммах.

При отклонении стрелки амперметра на величину, меньшую трех делений шкалы, переключить амперметр на предел 300 А (это требуется при проверке стартеров пусковых двигателей) и произвести отсчет величин тока и напряжения. Полученные результаты сравнить с данными, приведенными в строках 11 и 12 табл. 7.1.

При проверке вращение якоря стартера недопустимо и может происходить только при неисправной муфте в приводе стартера.

Значительно меньшая величина тока, потребляемого стартером, в сравнении с указанной в табл. 7.1, свидетельствует о больших переходных сопротивлениях во внешней цепи стартера или внутри его. Во внешней цепи необходимо тщательно проверить и зачистить контактные соединения, в том числе и в месте крепления стартера. Во внутренней цепи стартера проверке в первую очередь подлежат контакты щеток с коллектором и контакты тягового реле. Если величина тока превышает допустимое значение, то имеет место короткое замыкание внутри стартера.

Необходимо иметь в виду, что уменьшение тока, потребляемого стартером, может быть следствием разряженности АКБ.

7.4. Проверки потребителей электрической энергии

Проверки звуковых сигналов, электродвигателей и других потребителей электрической энергии производятся непосредственно на тракторе путем измерения величины потребляемого тока и напряжения на потребителе.

Проверяют надежность присоединения проводов к приборам электрооборудования и крепления проводов скобами, а также состояние изоляции проводов. Места с поврежденной изоляцией следует обмотать изоляционной лентой. Проверяют состояние клеммных соединений. При необходимости зачищают поверхности наконечников и зажимов, подтягивают винты и болты. Проверяют работу систем освещения и световой сигнализации, вспомогательного электрооборудования, контрольно-измерительных приборов.

Если какой-либо потребитель или прибор не работает, проверяют его исправность, а также исправность электропроводки. При этом необходимо убедиться в целостности предохранителя в цепи потребителя.

Исправность цепей потребителей может быть проверена по падению напряжения в цепях. Для этого используют прибор КИ-1093 и проверку проводят при включенных потребителях, используя игольчатые щупы из комплекта прибора. Игольчатые щупы присоединяют к началу и к концу проверяемой цепи (рис. 7.9).

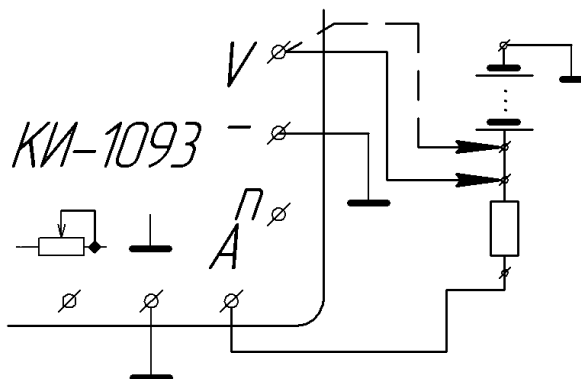


Рис. 7.9. Схема для проверки потребителей и их цепей

Допустимое падение напряжения в основных цепях следующее:

| Проверяемая цепь | Допустимое падение напряжения, не более, В |
|--------------------|--|
| Дальнего света фар | 1,1 |
| Ближнего света фар | 0,6 |
| Заднего света фар | 0,6 |
| Габаритных огней | 0,5 |
| Стоп-сигнала | 0,7 |

Если падение напряжения больше допустимого, то это свидетельствует о повышенном сопротивлении цепи вследствие плохого контакта в соединениях или о повреждении проводов.

При проверке переключатель вольтметра должен быть установлен в положение «-30».

Проверка работы систем освещения и световой сигнализации вспомогательного электрооборудования, контрольно-измерительных приборов осуществляется последовательным включением соответствующих потребителей.

8. ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МАШИН. ФОРМИРОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Все физические процессы в механизмах и системах машин сопровождаются *колебаниями*. В поршневом ДВС *вибрации формируются* кривошипно-шатунным механизмом, газораспределительным механизмом, системой впрыска топлива, процессами сгорания топлива, процессами впуска и выпуска, а также различными вспомогательными механизмами (компрессором, насосами и др.).

От неуравновешенности центробежных и инерционных сил вращающихся и возвратно-поступательно движущихся масс двигатель колеблется относительно остова машины с частотами, кратными частоте вращения коленчатого вала. С точки зрения виброакустической диагностики *наиболее важны упругие колебания*, обусловленные ударами сопряженных деталей.

Переменные нагрузки в элементах механизмов при наличии между сопряженными деталями зазоров приводят к ударам этих деталей, что вызывает вибрации деталей и механизмов и всего двигателя. Например, перекладка поршня с одной стороны гильзы на другую сопровождается соударением.

При ударе одной детали о другую изменяется скорость v , а следовательно, и количество движения. Величина взаимодействия тел за время их соударения характеризуется импульсом силы и приращением количества движения при ударе. Эту величину можно определить по формуле

$$R = \int_t^{t+\Delta t} F(t)dt = mv - mv_0 ,$$

где $F(t)$ – мгновенное значение силы;

v_0 – скорость в начале удара;

v – скорость в конце удара;

m – масса ударяющейся детали.

Удары сопряженных деталей механизмов вызывают в соударяемых деталях деформации и упругие колебания с соответствующими амплитудами и частотами.

Скорость v_0 в начале удара деталей является функцией нескольких величин:

$$v_0 = f(s, \omega, F, m_1, m_2, \dots), \quad (8.1)$$

где s – зазор в сопряженных деталях;

ω – угловая скорость коленчатого вала;

F – сила, под действием которой происходит соударение;

m_i – масса детали.

Для известной марки двигателя и определенного режима работы (при условии, что масса и размеры деталей постоянны) выражение (8.1) можно представить в виде

$$v_0 = A \cdot f(s),$$

где A – некоторый коэффициент.

Энергия вибрации, обусловленная ударами сопряженных деталей, определяется выражением

$$\sigma_w = \left(z \cdot m \frac{n}{j} \right) \sum v_0^2,$$

где z – число цилиндров двигателя;

m – масса ударяющейся детали;

n – частота вращения коленчатого вала двигателя;

j – число ударов за цикл.

Чем больше зазор в сопряженных деталях, тем больше скорость в момент удара и больше энергия или интенсивность виброимпульсов, формируемых сопряженными деталями.

8.1. Выделение и формирование вибрационных диагностических параметров

Одним из наиболее простых виброакустических параметров является *общий уровень вибрации* в дефектационных зонах двигателя. Для диагностирования механизмов по общему уровню вибраций необходимо знать среднее значение общего уровня для начального и предельно изношенного состояния.

При большом числе опытов на отдельных механизмах можно получить *зависимость общего уровня вибраций от состояния механизма*. Исследования показывают, что по общему уровню вибрации в дефектационных зонах двигателя можно диагностировать многие механизмы.

Реальный виброакустический сигнал, формируемый соударяющейся кинематической парой двигателя, представляет собой *суперпозицию сигналов и помех*, которая, в свою очередь, представляет собой смесь импульсных сигналов от других пар и непрерывных сигналов.

Подавляющее большинство *соударений* в кинематических парах происходит в дискретные моменты времени и в определенной последовательности во времени цикла работы двигателя.

Применение *частотной фильтрации* дает возможность значительно уменьшить помехи от механизмов, имеющих спектры вибрации в других частотных диапазонах.

Таким образом, при измерении импульсных виброакустических сигналов целесообразно использовать *временную и частотную селекцию* сигналов.

Повышение точности виброакустических методов диагностирования машин связано:

- с изучением динамических характеристик самих объектов диагностирования;
- определением оптимальных зон установки датчиков (приемников) выходных диагностических сигналов;
- выбором режима работы двигателя (например, по частоте вращения);
- выбором методов обработки колебательного процесса, обеспечивающих максимальное выделение полезного информативного сигнала с минимальными помехами от непроверяемых механизмов.

С использованием соответствующей измерительно-регистрирующей аппаратуры могут быть получены *амплитудные частотные характеристики (АЧХ)* виброакустических каналов и по этим АЧХ выполнена диагностика механизмов.

8.2. Оценка приработки деталей по вибрационным параметрам

При отсутствии *безразборных* оперативных методов контроля качества сборки механизмов и методов, характеризующих обкатку и приработку сопрягаемых элементов, происходит снижение качества изготовления и ремонта механизмов, увеличение брака, приводящего к отказам и авариям при эксплуатации.

При виброакустической диагностике по появлению в реализациях и спектрах дополнительных составляющих выявляются неисправности проверяемого узла (трещины, задиры, заклинивания и т. п.).

Наличие наборов спектров и реализаций вибраций дефектационных зон узла для различных видов неисправностей позволяет в период обкатки выявить дефекты изготовления, сборки и ремонта.

По *параметрам вибраций* можно контролировать приработку трущихся поверхностей деталей, устанавливать момент окончания обкатки, оценивать качество изготовления, сборки и обкатки новых узлов и качество ремонта и обкатки эксплуатировавшихся узлов.

9. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРАКТОРОВ

9.1. Этапы разработок

Внедрение диагностирования машин требует решения *комплекса технических и организационных вопросов*, от которых зависят:

- эффективность диагностирования;
- полнота и качество диагностирования;
- точность заключительного диагноза и прогноза;
- оперативность отыскания неисправностей;
- продолжительность и трудоемкость диагностирования;
- рациональность выбора диагностических средств;
- издержки на диагностирование, обслуживание и ремонт машины.

Разработки в области диагностирования должны включать последовательные этапы.

1. На *первом этапе* производят:

- выбор и обоснование номенклатуры структурных параметров и элементов машины, подлежащих диагностированию;

- выявление и обоснование номенклатуры диагностических параметров, измеряемых при проверке состояния машины;
- разработку контрольно-диагностических средств;
- разработку технологии диагностирования элементов машины по одному или нескольким параметрам (по совокупности параметров);
- разработку технологии диагностирования механизмов и систем машины;
- разработку технологии диагностирования машины в целом.

Первый этап является основополагающим. Этот этап предопределяет направление и эффективность всех последующих разработок. На нем выявляют объекты диагностирования:

- совокупность недолговечных узлов, механизмов, агрегатов;
- совокупность недолговечных сопряжений.

2. На *втором этапе* для каждого из этих объектов разрабатывают наиболее эффективные методы диагностирования.

3. *Следующий шаг* – создание необходимого комплекса контрольно-диагностических средств. Наличие этого комплекса позволяет перейти к разработке технологии диагностирования элементов, т. е. установить периодичность, порядок, режимы и технологические требования на диагностирование.

4. Разрабатывают *технологии* диагностирования механизмов и систем машин, отыскивая рациональные варианты проверки их общего состояния, определения остаточного ресурса, оценки работоспособности и поиска неисправностей.

5. *Заключительный этап* – обобщающий. Он предусматривает разработку технологии диагностирования трактора в целом. При этом устанавливают виды и структуру диагностирования, последовательность диагностирования составных частей в зависимости от цели, организационных форм обслуживания, места и средств диагностирования и других факторов.

9.2. Технология диагностирования элемента по параметру

Техническое состояние отдельного элемента или сопряжения машины *обычно определяют по величине нескольких диагностических параметров.*

Совокупность работ по измерению всех необходимых диагностических параметров элемента и синтез полученных результатов *составляют комплексный (полный) процесс диагностирования этого элемента*. В этом процессе можно выделить самостоятельные и законченные в технологическом плане составляющие части – диагностирование элемента по одному параметру.

Для разработки *технологии диагностирования элемента по параметру необходимо установить:*

- локальную цель диагностирования;
- применяемые диагностические и вспомогательные средства;
- условия диагностирования;
- требования, предъявляемые к проверяемому объекту и диагностированию;
- все операции диагностирования элемента, разряд работ и их трудоемкость;
- количество исполнителей и их квалификацию;
- последовательность диагностирования и распределение обязанностей между исполнителями;
- периодичность диагностирования;
- ожидаемую экономическую эффективность от диагностирования.

Цель диагностирования определяет содержание технологии и предъявляемые к ней требования. В зависимости от задач, решаемых при техническом обслуживании трактора, необходимо различать следующие *основные цели* диагностирования элемента:

- проверку общего состояния элемента;
- установление места и причины отказа (при заявочном диагностировании);
- определение остаточного ресурса элемента (после плановой межремонтной наработки или при исчерпании продленного ресурса).

Каждый из этих случаев имеет свои особенности, характеризующиеся различными требованиями к точности диагноза, набору диагностических и вспомогательных средств, перечню работ, квалификации и количеству исполнителей и др.

Цель диагностирования в значительной мере определяет требуемые *точность и глубину*, исходя из которых можно подобрать соответствующие виды и номенклатуру диагностических средств.

Диагностические средства, используемые при проверке технического состояния элемента, оказывают непосредственное влияние на характер и содержание самой технологии диагностирования. Например, определение мощности дизеля можно выполнить прямым измерением на стенде или пересчетом по показаниям различных приборов (средств). Каждому из этих средств при его использовании должны соответствовать свои специфические перечни подготовительных, основных и заключительных работ.

Условия диагностирования должны учитываться при окончательной корректировке перечня операций по диагностированию элемента.

В первую очередь необходимо установить *место диагностирования* (поле, центральная ремонтная мастерская, сервисный центр и т. д.) и *организационные формы технического обслуживания*, с которым совмещается диагностирование.

Технические требования на диагностирование непосредственно определяют его *качество и воспроизводимость* в различных условиях и разными исполнителями. На всех этапах диагностирования необходимо иметь четкие, характеризующиеся, как правило, количественными показателями требования к объекту и к операциям диагностирования.

Требования к объекту диагностирования должны включать:

- указания по его подготовке к диагностированию;
- требования к изменению состояния объекта в процессе диагностирования;
- сведения о необходимых заключительных работах.

Требования к операциям диагностирования должны содержать:

- перечень измеряемых параметров и режимы их измерения (длительность, повторность и т. д.);
- номинальные, допускаемые и при необходимости предельные значения параметров;
- указания о дальнейшем диагностировании или о других воздействиях в зависимости от величины измеряемого параметра.

Номинальное значение параметра необходимо для восстановления величины диагностируемого параметра (например, восстановление теплового зазора в механизме газораспределения при увеличении его сверх допускаемых значений).

Допускаемое значение параметра необходимо диагносту для решения вопроса о потребности в предупредительном обслуживании.

Предельное значение параметра указывается в технологии только для прогнозирующих ресурсных параметров (количество газов, прорывающихся в картер, суммарный угловой зазор на различных передачах в трансмиссии и т. д.), а также для параметров, изменение которых сверх предельного может создать аварийные ситуации (например, давление масла в системе смазки, давление воздуха в пневмосистеме, давление воздуха в шинах трактора и т. п.).

Номинальное и предельное значения параметра устанавливают *заводы-изготовители машин*. Допустимое значение параметра и периодичность диагностирования устанавливают *ведомства, отвечающие за эксплуатацию техники*. Методическое решение этих вопросов осуществляется с учетом технико-экономических показателей и характеристик надежности.

Для обеспечения единообразия и полноты технологических карт на диагностирование элементов при составлении перечня подготовительных работ в общем случае исходят из того, что машина *не подготовлена к диагностированию*, а двигатель выключен (если это не оговорено особо).

Исходя из технических соображений, определяют *очередность выполнения операций*.

Затем, пользуясь действующими нормативами, необходимо *установить разряд и трудоемкость каждой операции*, а также общую трудоемкость диагностирования.

Если на диагностировании занято несколько исполнителей, то необходимо руководствоваться следующим *порядком распределения работ*. *Тракторист-машинист* очищает машину и выполняет такие обычные работы как смазка, крепление, монтаж. *Мастер-наладчик* делает несложные регулировки, осуществляет при необходимости механизированную заправку машины, проверяет состояние машины по перечню операций ТО-1 и ТО-2. *Мастер-диагност* должен проводить сложные проверочные и регулировочные работы ТО-3, поиск неисправностей механизмов, определение остаточного ресурса составных частей.

Технологию диагностирования элемента по параметру оформляют в виде *самостоятельной технологической карты*. Эта карта представляет собой описание законченного процесса диагностиро-

вания, технических условий на диагностирование и указание мероприятий, которые должны быть осуществлены в случае выявления неисправностей элемента. Технология должна быть *универсальной*, т. е. годной для всех марок диагностируемых тракторов.

Поскольку технологию разрабатывают для специалистов, имеющих необходимую подготовку (для мастеров-диагностов), она должна быть написана *с учетом знания диагностами* инструкций по применению диагностических приборов и приспособлений, а также знания устройства и работы агрегатов, узлов, механизмов и систем тракторов.

Важным вопросом при окончательной оценке технологии диагностирования является *расчет ожидаемой экономической эффективности* от ее внедрения.

В дальнейшем технологию диагностирования элемента при необходимости могут корректировать при разработке технологии диагностирования машины в целом.

9.3. Технология диагностирования элемента по совокупности параметров

В большинстве случаев техническое состояние элемента оценивают *несколькими диагностическими параметрами*. По этой причине возникает необходимость в разработке рационального диагностирования в целом.

Для этого необходимо *решить следующие задачи*:

- установить совокупность основных диагностических параметров, характеризующих состояние элемента, выявить среди них базовые измеряемые параметры, характеризующие общее состояние элемента;
- разработать последовательность углубленного диагностирования элемента;
- разработать технологию диагностирования;
- определить трудоемкость, продолжительность и стоимость диагностирования;
- рассчитать экономическую целесообразность диагностирования.

После установления диагностических параметров, характеризующих состояние элемента, возникает вопрос *о рациональном построении процесса его диагностирования*.

С одной стороны, о состоянии элемента можно судить, например, по пяти, шести и более диагностическим параметрам, которые можно измерять (или определять) в разнообразных наборах и сочетаниях.

С другой стороны, элементы одного наименования могут иметь множество состояний – от исправного до неисправного. Для каждого состояния существует, как правило, единственный оптимальный маршрут диагностирования. Поэтому диагностирование элемента должно быть универсальным в целом и индивидуальным для каждого состояния элемента.

Решение такой задачи возможно *при последовательном распознавании состояния элемента*.

Поскольку исходное состояние элемента перед диагностированием неизвестно, необходимо изначально выбрать *базу*, т. е. наиболее вероятное среднее статистическое состояние элемента.

Задавшись базовым состоянием элемента, можно найти для него наиболее экономичный вариант диагностирования: выбрать базовые диагностические параметры и качественные признаки. Условие их выбора можно представить выражением

$$\sum_{j=1}^k C_{\delta.j} + \sum_{i=1}^n C_i Q_i \leq \sum_{i=1}^n C_i \quad (9.1)$$

или

$$\sum_{j=1}^k C_{\delta.j} \leq \sum_{i=1}^n C_i p_i,$$

где $C_{\delta.j}$ и C_i – стоимость проверки элемента по базовому и частному параметрам соответственно;

Q_i – вероятность определения локального параметра ($p_i = 1 - Q_i$);

i и j – номера параметров;

k и n – количество обязательно измеряемых базовых и измеряемых по потребности частных параметров.

Базовые и частные параметры относятся к разным совокупностям диагностических параметров.

Суть условия (9.1) состоит в том, что стоимость проверки элемента по базовым параметрам с учетом вероятной стоимости углубленного диагностирования при прочих равных условиях

должна быть меньше стоимости прямого поэлементного диагностирования.

Базовые параметры позволяют сделать обобщенную (укрупненную) оценку технического состояния элемента в целом. *Частные параметры* дают возможность оценить состояние элемента по результатам проверки его частей.

Базовые параметры, как правило, наиболее доступны при диагностировании элемента. В большинстве случаев их измерения не связаны с какими-либо трудностями и осуществляются оперативно.

Например, качественное изображение и звучание телевизора, возможность переключения программ и реализация других функций (например, телетекст) однозначно свидетельствуют о его работоспособности. То же можно сказать и о цилиндро-поршневой группе ДВС при нормальном угаре масла.

Требования к базовым параметрам наиболее полно удовлетворяют *выходные показатели* (они являются параметрами технической характеристики). Эти показатели отражают соответствие элемента своему назначению.

Применение базовых параметров целесообразно при оценке состояния элемента на некотором постоянном режиме его работы. Если же элемент необходимо проверить на нескольких режимах, то целесообразно использовать гораздо более информативные *базовые функции*. Например, такими функциями могут быть внешняя характеристика дизеля, тяговая характеристика трактора, скоростная характеристика автомобиля и т. д.

В результате определения базовых параметров или функций выявляют, *исправен элемент или нет*. В первом случае диагностирование прекращают, а во втором – продолжают до выяснения места и причины неисправности.

Критерий очередности поиска неисправности следующий:

$$\frac{C_1}{Q_1} \leq \frac{C_2}{Q_2} \leq \frac{C_3}{Q_3} \leq \dots \leq \frac{C_n}{Q_n}.$$

Этот критерий базируется на последовательном возрастании вероятной стоимости выявления неисправности.

Разработка технологии диагностирования элемента сводится к разработке *необходимой совокупности технологических карт* для

определения всех выбранных диагностических параметров. Карты должны быть расположены в соответствии с установленной последовательностью диагностирования элемента.

Трудоемкость диагностирования используют при нормировании, планировании и оплате труда звеньев технического обслуживания. Знание продолжительности диагностирования необходимо для планирования продолжительности *простоев* машин. Стоимость диагностирования используют для планирования *издержек* на техническое обслуживание.

9.4. Технология диагностирования механизма

Сложное техническое изделие (например, двигатель или отдельные его системы и механизмы) собрано из большого числа элементов, каждый из которых может находиться в различном состоянии.

Поскольку состояние изделия характеризуется состоянием его элементов, сложные изделия к моменту проверки характеризуются множеством состояний. Таким образом, каждое изделие к моменту проверки имеет свойственные только ему *особенности*, которые нельзя однозначно предугадать заранее. Поэтому основная трудоемкость заключается в том, чтобы при обезличенной и универсальной технологии сохранить индивидуальным процесс диагностирования, при этом обеспечив диагностику возможность оперативно выявить особенности состояния и рекомендовать минимальный объем технологических операций по восстановлению работоспособности изделия.

Чтобы в полной мере учесть специфику состояния проверяемого изделия, обеспечить его высококачественную проверку и быстрое отыскание неисправностей при минимальной трудоемкости, нужна *универсальная маршрутная технология*, которая отражала бы все многообразие ситуаций, возникающих при проверке, и позволяла бы управлять этим процессом. Все работы такого технологического процесса должны быть увязаны между собой.

Например, если в предыдущих операциях установлено, что в системе смазки дизеля низкое давление масла, то в последующих операциях необходимо предусмотреть проверку регулировок клапанов системы смазки, а при необходимости – и степени износа подшипников коленчатого вала, распределительного вала, верхних головок шатунов, состояние масляного насоса и масляного фильтра. При нормальном давлении масла в главной магистрали надобности в таких проверках нет.

При разработке комплексной маршрутной технологии диагностирования изделия необходимо придерживаться следующего порядка:

- изучение структуры проверяемого изделия и расчленение его на составные части;
- установление структурных параметров, ограничивающих работоспособность изделия и его составных частей;
- выявление и обоснование диагностических параметров состояния изделия;
- анализ диагностических параметров, выявление среди них базовых и частных;
- составление минимального диагностического теста (т. е. минимального перечня базовых диагностических параметров);
- обоснование последовательности диагностирования изделия по базовым параметрам и составление блок-схемы базовой маршрутной технологии;
- разработка комплексной маршрутной технологии.

В технологических картах, разделяемых на *регламентные* и *заявочные*, дают описание соответствующих проверок и технические условия на них. Регламентные и заявочные карты должны быть увязаны между собой. Если при выполнении операции регламентной технологической карты находят признаки неисправности, то ее причины отыскивают, выполняя операции заявочной технологической карты. Такая технология очень удобна для отыскания локальных неисправностей механизмов и машин.

Следующим шагом совершенствования технологии диагностирования является увязка между собой отдельных частных технологических процессов и разработка комплексного процесса диагностирования машины в целом.

9.5. Технология диагностирования трактора в целом

При создании технологии диагностирования трактора в целом помимо сугубо технических вопросов в ней отражаются *конкретные производственные особенности и условия, сопутствующие диагностированию, а также наиболее характерные организационные факторы*, которые могут оказать решающее влияние на возможность, требуемую полноту и качество диагностирования.

В общем случае создаваемая технология должна быть *типовой*, рассчитанной на прогрессивные формы технического обслуживания и ремонта, серийные диагностические средства, подготовленные кадры диагностов соответствующей квалификации и т. д.

В каждом хозяйстве или сервисном центре типовую технологию следует *откорректировать* с учетом специфических особенностей.

Конкретные задачи диагностирования тракторов увязывают с действующей системой технического обслуживания машинно-тракторного парка.

С технико-экономической точки зрения цель диагностирования – уменьшение эксплуатационных издержек на ремонт и техническое обслуживание тракторов.

Задачи диагностирования при *техническом обслуживании* заключаются в том, чтобы установить фактически необходимый объем и номенклатуру предупредительных работ по восстановлению параметров технического состояния трактора, предотвратить возможные отказы составных частей, оценить целесообразность ремонта трактора.

При *техническом осмотре* задачей диагностирования является проверка готовности трактора к выполнению конкретной работы (пахота, сев, погрузочные и транспортные работы и т. д.).

При правильно организованном техническом обслуживании машины *необоснованная отправка ее в ремонт должна быть исключена*.

Основная задача диагностирования машин на *ремонте* – контроль и оценка качества ремонта.

Все рассмотренные процессы характеризуются определенной совокупностью операций, выполняемых одновременно и приуроченных к определенному периоду времени.

Общей для всех этих процессов необходимостью является установление соответствующей процессам *номенклатуры диагностических операций и рациональной последовательности* их выполнения. С учетом специфики указанных процессов для каждого из них должна быть разработана самостоятельная технология диагностирования.

Наиболее важная задача – *разработка технологии диагностирования машин при техническом обслуживании*. Ее целью является обеспечение наиболее экономичной эксплуатации трактора при заданном уровне безотказности механизмов и систем. Эта цель достигается своевременной проверкой технического состояния тракторов

и осуществлением комплекса мероприятий по поддержанию их работоспособности.

Основная задача диагностирования заключается в получении достоверной информации о техническом состоянии тракторов. Надежность, объем и полнота этой информации должны соответствовать требованиям, предъявляемым к конкретному виду технического обслуживания.

По мере изменения исходных данных (изменений в общей структуре затрат на отдельные составляющие – топливо, запасные части и т. д.) необходимо *своевременно корректировать подходы* к содержанию операций диагностирования и ремонта тракторов и постоянно обеспечивать их соответствие технико-экономическим и социальным реалиям.

Литература

1. Техническая диагностика тракторов и зерноуборочных комбайнов / под общ. ред. В.М. Михлина. – М.: Колос, 1978. – 287 с.
2. Присс, В.И. Диагностирование гидроприводов тракторов и комбайнов / В.И. Присс, Э.В. Костюченко. – Минск: Ураджай, 1989. – 224 с.
3. Аллилуев, В.А. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка / В.А. Аллилуев, А.Д. Ананьин, В.М. Михлин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 367 с.
4. Техническая диагностика гидравлических приводов / под общ. ред. Т.М. Башты. – М.: Машиностроение, 1989. – 264с.
5. Технические средства диагностирования: справочник / под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
6. Иофинов, С.А. Контроль работоспособности трактора / С.А. Иофинов, Н.Н. Гевейлер. – Л.: Машиностроение, 1985. – 238 с.
7. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов / под общ. ред. Н.Ф. Чухнина и В.М. Старикова. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.

Учебное издание

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ МАШИН

Практикум для студентов
специальности 1-37 01 03 «Тракторостроение»

Составители:

БОЙКОВ Владимир Петрович
БОБРОВНИК Александр Иванович
РАХЛЕЙ Андрей Иванович
КОВАЛЬ Виталий Александрович

Редактор Т.Н. Микулик

Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 11.11.2011.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 6,80. Уч.-изд. л. 5,32. Тираж 100. Заказ 1209.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.