

# Лабораторная работа № 1.

## Изучение параметров износа различных материалов

### 1. Общие сведения об износе деталей

От 80 до 90 % подвижных сопряжений машин выходят из строя вследствие износа. При этом снижаются КПД, точность, экономичность, надежность и долговечность машин. Процесс взаимодействия поверхностей при их относительном движении изучает такая научно-техническая дисциплина, как трибология, объединяющая проблемы трения, износа и смазки.

Существуют четыре **вида трения**:

1. Сухое трение возникает при отсутствии смазки и загрязнений между трущимися поверхностями. Обычно сухое трение сопровождается скачкообразным перемещением поверхностей.

2. Граничное трение наблюдается в том случае, когда поверхности трущихся тел разделены слоем смазки толщиной от 0,1 мкм до толщины одной молекулы, который называется граничным. Его наличие снижает силы трения от двух до десяти раз по сравнению с сухим трением и уменьшает износ сопряженных поверхностей в сотни раз.

3. Полусухое трение – это смешанное трение, когда на площади контакта тел трение местами граничное, а на остальной части сухое.

4. Жидкостное трение характеризуется тем, что трущиеся поверхности полностью разделены толстым слоем смазки. Слои смазки, находящиеся от поверхности на расстоянии свыше 0,5 мкм, имеют возможность свободно перемещаться один относительно другого.

При жидкостном трении сопротивление движению складывается из сопротивления скольжению слоев смазки относительно друг друга по толщине смазочного слоя и зависит от вязкости смазочной жидкости. Этот режим характеризуется весьма малым коэффициентом трения и является оптимальным для узла трения в отношении его износостойкости.

Следует отметить, что иногда в одном и том же механизме наблюдаются различные виды трения. Так, например, в двигателе внутреннего сгорания стенки цилиндров в нижней части смазываются обильно, вследствие чего при движении поршня на середине хода трение колец и поршня о стенку цилиндра приближается к жидкостному.

При движении поршня вблизи верхней мертвой точки (особенно при такте впуска) условия смазки колец и поршня резко ухудшаются,

так как оставшаяся на стенках цилиндра масляная пленка претерпевает изменения под воздействием высокой температуры продуктов сгорания. Особенно плохо смазывается верхняя часть цилиндра. После пуска холодного двигателя возможно граничное и даже сухое трение компрессионных колец о стенки цилиндра, что является одной из причин повышенного износа цилиндров в верхней части.

**Виды изнашивания.** Изнашиванием называют процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) накопления его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела.

Изнашивание обычно подразделяется на две группы:

1. Механическое – возникает в результате режущего или царапающего действия твердых частиц, находящихся между поверхностями трения:

- абразивное – изнашивание поверхности детали, которое происходит в результате режущего или царапающего действия твердых тел или частиц;

- эрозионное (гидроабразивное, газоабразивное, электроэрозионное) – изнашивание происходит в результате воздействия на поверхность детали движущегося с большой скоростью потока жидкости, газа, твердых частиц, в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока;

- кавитационное – изнашивание возникает при относительном движении твердого тела и жидкости в условиях кавитации. Кавитация наблюдается в жидкости при падении давления в ней до давления насыщенных паров, когда нарушается сплошность потока жидкости и образуются кавитационные пузыри. В момент достижения предельного размера они начинают захлопываться с большой скоростью, что приводит к гидравлическому удару о поверхность металла;

- усталостное – изнашивание под действием знакопеременных напряжений. Ему подвержены зубчатые передачи, подшипники качения и скольжения;

- адгезионное – изнашивание (изнашивание при заедании) происходит при схватывании металлов в процессе трения с образованием прочных металлических связей в зонах непосредственного контакта поверхностей;

- изнашивание при фреттинге – это механическое изнашивание мест проскальзывания плотно контактирующих поверхностей, находящихся под нагрузкой при колебательных, циклических, возвратно-

поступательных относительных перемещениях с малыми амплитудами.

2. Коррозионно-механическое – возникает при трении материалов, вступающих в химическое взаимодействие с окружающей средой:

- окислительное изнашивание – происходит в том случае, когда кислород, содержащийся в воздухе или в смазке, вступает во взаимодействие с металлом и образует на нем оксидную пленку, которая при трении истирается или отрывается от металла и удаляется со смазкой, а затем образуется вновь (примером окислительного изнашивания может служить изнашивание верхней части цилиндров двигателя внутреннего сгорания при действии кислотной коррозии, происходящей при низкой температуре стенок, особенно при работе непрогретого двигателя);

- изнашивание при фреттинг-коррозии заключается в образовании на поверхностях взаимного касания деталей язвенок и продуктов коррозии в виде порошка или налета. Изнашивание при этом зависит от одновременно протекающих процессов микросхватывания, усталостного, коррозионно-механического и абразивного воздействия.

## 2. Характеристики изнашивания

Основными количественными характеристиками изнашивания являются износ, скорость изнашивания, интенсивность изнашивания.

Износ – результат изнашивания, определяемый в установленных единицах. Износ (абсолютный или относительный) характеризует изменение геометрических размеров (линейный износ), массы (весовой износ) или объема (объемный износ) детали вследствие изнашивания и измеряется в соответствующих единицах.

Скорость изнашивания  $V_{и}$  (м/ч, г/ч, м<sup>3</sup>/ч) – отношение износа  $U$  к интервалу времени  $\tau$ , в течение которого он возник:

$$V_{и} = \frac{U}{\tau}$$

Интенсивность изнашивания  $J$  – отношение износа к обусловленному пути  $L$ , на котором происходило изнашивание, или объему произведенной работы:

$$J = \frac{U}{L}$$

При линейном износе интенсивность изнашивания является безразмерной величиной, а при весовом – измеряется в единицах массы, отнесенной к единице пути трения.

Свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения характеризуется износостойкостью – величиной, обратной скорости или интенсивности изнашивания, в соответствующих единицах.

В процессе работы машины показатели изнашивания деталей и сопряжений не сохраняют постоянных значений. Изменения износа деталей во времени в общем случае можно представить в виде модели, предложенной В.Ф. Лоренцом (рис. 1).

$U, V, m, \lambda$

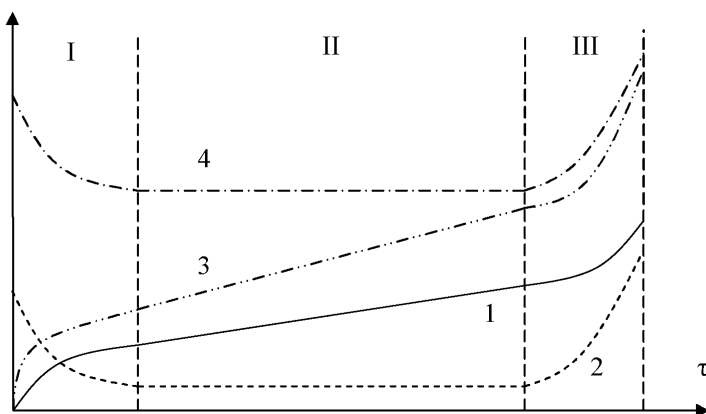


Рис. 1. Изменение параметров сопряжения в процессе работы:  
1 – износа  $U$ ; 2 – скорости изнашивания  $V$ ; 3 – частоты отказов  $m$ ;  
4 – интенсивности отказов  $\lambda$

В начальный период работы, называемый периодом приработки, наблюдается довольно быстрый износ деталей (участок I). Продолжительность этого периода обуславливается качеством поверхностей и режимом работы механизма и составляет обычно 1,5...2% ресурса узла трения.

После приработки наступает период установившегося режима изнашивания (участок II), определяющий долговечность сопряжений.

Третий период – период катастрофического изнашивания (участок III) – характеризует предельное состояние механизма и ограничи-

вает ресурс. Как видно из приведенных графиков, процесс изнашивания оказывает прямое, определяющее влияние на возникновение отказов и неисправностей узлов трения машин. Изменение показателей надежности во времени идентично изменению показателей изнашивания.

Более высокая крутизна кривой  $m$  на участке II объясняется тем, что с наработкой возникают отказы, вызванные, помимо износа, усталостным, коррозионным разрушением или пластическими деформациями.

Приработкой называют процесс изменения геометрии поверхностей трения и физико-химических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения, обычно проявляющийся при постоянных внешних условиях в уменьшении силы трения, температуры и интенсивности изнашивания. Процесс приработки характеризуется интенсивным отделением с поверхностей трения продуктов износа, повышенным тепловыделением и изменением микрогеометрии поверхностей.

При правильном выборе соотношения твердости деталей и режимов приработки довольно быстро наступает период так называемого нормального, или установившегося изнашивания (участок II). Этот период характеризуется небольшой, примерно постоянной, интенсивностью изнашивания и продолжается до тех пор, пока изменения размеров или формы деталей не повлияют на условия их работы, или до наступления предела усталости материала.

Накопление изменений геометрических размеров и физико-механических свойств деталей ведет к ухудшению условий работы сопряжения. Основным фактором при этом является повышение динамических нагрузок вследствие увеличения зазоров в трущихся парах. В результате наступает период катастрофического, или прогрессивного изнашивания (участок III). Описанная закономерность является условной и служит лишь иллюстрацией процесса изнашивания элементов машин.

### **3. Методы определения износа**

*Метод микрометрирования* основан на измерении при помощи микрометра или измерительного прибора с индикатором параметров до и после изнашивания.

Недостатки метода:

- неизбежная разборка и сборка изделия до и после работы с целью измерения детали;
- выявленное изменение размера может быть следствием не только изнашивания поверхности, но и результатом деформации детали;
- разборка и сборка изделий в процессе эксплуатации резко снижает эксплуатационные качества машин.

*Метод искусственных баз* состоит в том, что на поверхности выдавливают или вырезают углубления заданной формы (пирамида или конус) и глубины. Наблюдая за изменением размера отпечатка, соотношение которого с глубиной заранее известно, можно определить местный линейный износ. Используются специальные приборы, позволяющие определять с точностью от 1,5 до 2 мкм для отверстий цилиндров двигателей, валов, а также плоских поверхностей.

Недостаток метода – также требует в большинстве случаев предварительной разборки изделий и поэтому имеет те же недостатки, что и метод микрометрирования.

*Метод измерения износа по уменьшению массы* основан на взвешивании детали до и после изнашивания. Обычно применяется при испытании деталей небольшой массы.

Недостаток метода – может оказаться неприемлемым, когда износ происходит вследствие не только отделения частиц, но и пластического деформирования.

*Метод анализа содержания железа в масле* основан на химическом анализе золы, получаемой сжиганием пробы масла. За период между двумя последовательными отборами проб учитывают общее количество масла в картере, его потерю и количество доливаемого масла.

Данный анализ является интегральным, так как продукты износа обычно отделяются одновременно от нескольких трущихся деталей. Точное определение количества железа осложняется тем, что крупные частицы продуктов износа могут оседать на стенках картера.

*Метод радиоактивных изотопов* заключается в том, что в материал изучаемой детали вводят радиоактивный изотоп. При этом вместе с продуктами износа в масло будет попадать пропорциональное им количество атомов радиоактивного изотопа. По интенсивности их излучения в пробе масла можно судить о количестве металла, попавшего в масло за рассматриваемый период времени.

Преимущества метода:

- определяется износ определенной детали, а не суммарный для нескольких деталей;

- чувствительность повышается в сотни раз;

- ускоряется процесс исследования.

Недостатки метода:

- требуется специальная подготовка образцов исследуемых деталей;

- наличие специальной аппаратуры для измерения интенсивности излучения и принятие мер предосторожности для охраны здоровья людей.

#### **4. Общие вопросы лабораторных испытаний на изнашивание**

По мнению ряда ученых методы исследования износостойкости конструктивных элементов машин можно подразделить на три вида: эксплуатационные, стендовые и лабораторные.

Самыми надежными являются исследования в условиях эксплуатации, так как позволяют получить наиболее достоверные данные и о машине и об отдельных узлах и деталях. Между тем проведение подобных изысканий ограничивается большими затратами времени и серьезными финансовыми потерями.

Во избежание отмеченного исследовательские учреждения идут по пути стендовых испытаний. Они позволяют получить достаточно надежные результаты при близком соответствии условий работы на стенде и в эксплуатации.

Наименее трудоемкими и малозатратными являются лабораторные методы испытаний. В тоже время в лабораторных условиях трудно воссоздать весь комплекс реальных условий работы изделия и опытные данные таких испытаний требуют эксплуатационной проверки в условиях эксплуатации. Однако они не заменимы при проведении сравнительных экспериментов при изучении противоизносных свойств материалов, методов обработки, упрочнений и при выборе рациональной формы деталей. Особая значимость подобных исследований заключается в том, что они позволяют накопить и проверить данные для разработки методов предупреждения и торможения изнашивания, и с определенной точностью планировать ресурс деталей.

В зависимости от условий абразивного изнашивания методы и лабораторные установки могут в значительной степени различаться. Так

как основная номенклатура деталей почвообрабатывающей техники работает в условиях перемещения в нежестко закрепленном абразиве, ниже будут рассмотрены устройства и способы для проведения соответствующих испытаний.

Можно выявить две принципиально разные схемы, лежащие в основе конструкций, которые подлежат следующей классификации:

1. метод и устройства для испытаний при подаче абразивной компоненты в зону трения при статичности образца;
2. методы и устройства при подаче абразивной компоненты в зону трения и перемещении образца;
3. методы и устройства для испытаний непосредственно в абразивной массе при движении образца;
4. комбинированные методы.

Учитывая тот факт, что детали почвообрабатывающих орудий свободно перемещаются в абразивной среде, представленной почвой, для их исследования наиболее пригодны методы лабораторных испытаний на абразивное изнашивание при условии движения образцов в незакрепленном абразиве.

## 5. Методы и устройства испытаний на абразивное изнашивание по незакрепленному абразиву

Одним из наиболее распространенных способов испытаний в абразивной массе является способ «гильзы». Его сущность (рис. 2) заключается в том, что образец изнашивается вследствие вращения в абразивной массе, заполняющей гильзу. Давление абразивной массы на образец достигается при помощи грузов, действующих на шайбу через коромысло.

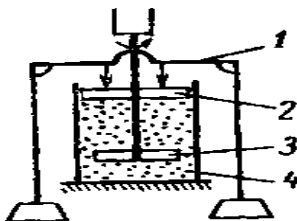


Рис. 2. Схема испытания способом «гильзы»:  
1 – коромысло, 2 – шайба, 3 – образец, 4 – абразив

Этот способ отличается простотой и не требует сложных устройств для придания образцу вращательного движения. Кроме того, задачей изменения его формы поверхности можно достичь определенной степени копирования процесса износа реальных деталей. Между тем во время проведения эксперимента на образец воздействуют одни и те же частицы абразива, снижая точность экспериментальных данных, из-за изменения их величины.

Для сравнительной оценки изнашивания образцов в абразивной массе предложено устройство (рис. 3), конструкция которого базируется на способе «гильзы».

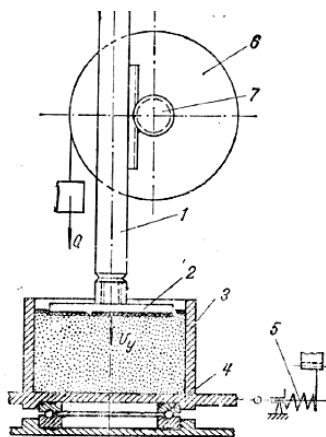


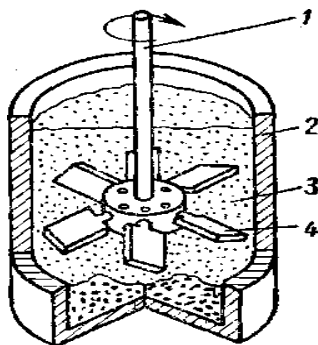
Рис. 3. Схема установка для испытаний на изнашивание в абразивной массе.

Испытуемый образец 2 изнашивается об абразив, размещенный бункере 3 и нагружается через шток 1, силовым устройством 6-7. Бункер 3 установленный на подшипник и связан с самопишущим прибором 5. Такая компоновка прибора позволяет регистрировать силу трения при изнашивании образца.

Недостатками данного метода следует считать необходимость проведения приработки образцов в той же абразивной массе, что и при опытах, чтобы получить установившийся процесс изнашивания.

Абразивная среда в зоне контакта рабочей поверхности образца будет уплотняться и измельчатся, что приведет к ошибкам в экспериментальных данных.

Другим методом испытаний, основанным на идее «гильзы» является способ крыльчатки (рис. 4). Изнашивание образцов, закрепленных в держателе в виде крыльчатки, производится путем вращения их в свободно насыпанной в цилиндр абразивной массе. Расположение образцов к плоскости вращения под углом интенсифицирует процесс изнашивания и способствует перемешиванию абразива. Способ удобно использовать для одновременного изнашивания образцов из различных материалов.



1 – вал-держатель образцов, 2- цилиндр, 3- абразивный порошок, 4- испытуемые образцы.

Рис. 4. Схема испытания способа крыльчатки

В тоже время расположение образцов в одной плоскости в недостаточной степени будет способствовать перемешиванию абразива. Форма образцов будет создавать определенные трудности при их изготовлении.

В способе шаровой мельницы (рис. 5), сферические образцы изнашиваются вследствие перемещения абразивной массы, в которую они погружены, за счет вращения барабана.

Достоинством является возможность одновременного испытания в одинаковых условиях большого числа образцов.

К недостаткам следует отнести сложность изготовления образцов, которые должны в максимальной степени иметь одинаковую форму и массу. Трудности при испытаниях образцов из разных материалов с неодинаковым удельным весом, обусловленные неодинаковой интенсивностью также способствуют ограничению распространения этого способа.

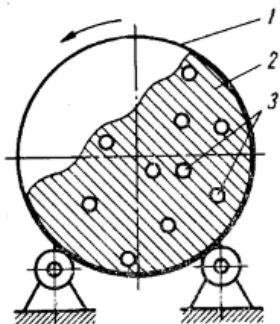


Рис. 5. Схема испытания способа шаровой мельницы:  
1-барабан, 2- абразив, 3- образцы

Вибрационный способ предполагает изнашивать образцы в процессе измельчения сухого абразивного материала в вибрационной установке.

Достоинства данного метода:

- обеспечиваются одинаковые условия изнашивания всех образцов одновременно;
- свойства абразива мало изменяются на протяжении всего времени испытаний;
- температурные условия на изнашиваемых поверхностях постоянны и не вызывают в них структурных изменений.

Возможно одновременное испытание большого числа образцов, при сопоставимости полученных результатов, быстроте эксперимента, высокой точности оценки износостойкости и незначительном рассеивание износов образцов одной партии.

Недостатком данного метода является невозможность количественно характеризовать и регулировать удельные нагрузки на поверхностях трения. Сложность конструкции и проведение экспериментов в значительной мере затрудняют ее использование для испытаний моделирующих условие работы деталей при их поступательном движении в почве.

Образец или ряд образцов, при испытаниях по способу лотка (рис. 6), изнашиваются путем перемещения в абразивной массе, заполняющей лоток. Способ позволяет посредством специальных катков изменять степень уплотнения абразивной массы, кроме того, примене-

ние перемешивающих сыпучую массу рыхлителей обеспечивает взаимодействие образца с различными абразивными частицами.

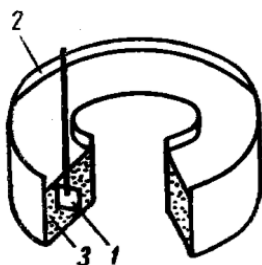


Рис. 6. Схема испытания способа лотка:  
1- образец, 2 - желоб, 3 - абразив

Данный способ, как вариант применялся для изучения износостойкости лезвий лемехов плугов. На рис. 7 показана принципиальная схема такой установки.

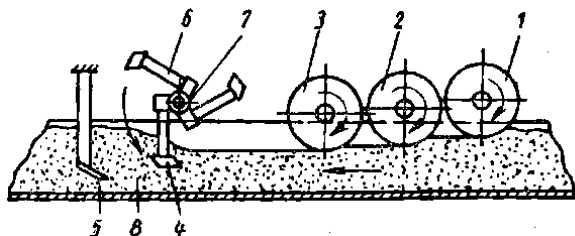


Рис. 7. Схема установки применялся для изучения износостойкости лезвий лемехов плугов

Три образца 4, укрепленные на стойках 6, соединенных валом 7, поочередно погружаются в абразивную движущуюся массу 8, уплотненную тремя катками 1, 2, 3, и подвергаются изнашиванию. За образцами установлен горизонтальный нож 5, рыхлящий массу, что способствует восстановлению однородной плотности смеси.

Установка позволяет создать условия испытаний достаточно близкие к реальным. Тем не менее, сложность компоновки, необходимость 4-х приводов снижает возможности ее использования.

Устройство предложенное в для исследования износостойкости ножей землеройных машин, также построено по принципу лотка (рис. 8).

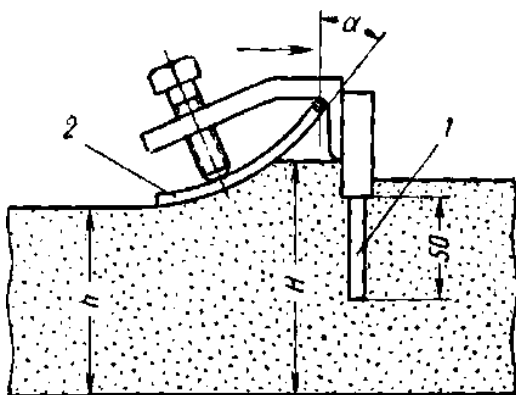


Рис. 8. Схема установки для испытаний деталей дорожных и землеройных машин: 1 – образец; 2 – регулятор давления

В тоже время оно имеет ограниченное применение и требует дополнительных приспособлений для учета создаваемого на почву давления. Также сложно обеспечить равномерную плотность почвы по длине образца.

Широкое распространение получили испытания с применением машины «вращающаяся чаша», в основу конструкции которой положена схема испытаний, основанная на методе лотка. Необходимость уплотнения абразивной составляющей и ряда других устройств значительно усложняют конструкцию и создают определенные трудности при проведении экспериментов.

Машина для испытания на абразивное изнашивание имеет стол с размещенными на нем приводом, на котором на траверсе установлены кронштейны с креплением для образцов, барабан с абразивным материалом. Конструкция оснащена тензорегистрирующим устройством и электромагнитами что позволяет с высокой точностью снижать триботехнические показатели в период испытаний и контролировать процесс изнашивания в его динамике (рис. 9).

Тем не менее, сложность конструктивного исполнения (наличие большого количества элементов), применение ферромагнитного порошка и электромагнитов усложняет проведение исследований.

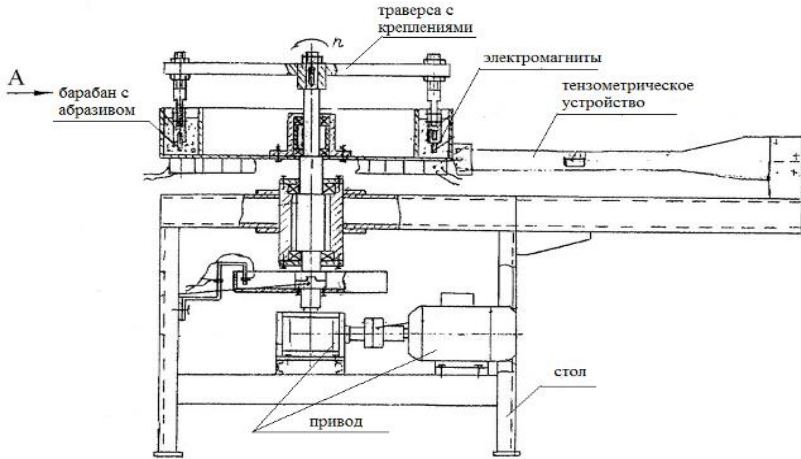


Рис. 9. Схема машины для испытания на абразивное изнашивание

Установка для испытания на абразивный износ рабочих органов почвообрабатывающих машин (рис. 10) позволяет смоделировать разнообразие условий взаимодействия металла с абразивной средой, изменять нагрузки на образец сверху и снизу, изменять угол установки испытуемого образца и приблизить условия испытаний к эксплуатационным условиям работы рабочих органов почвообрабатывающих машин.

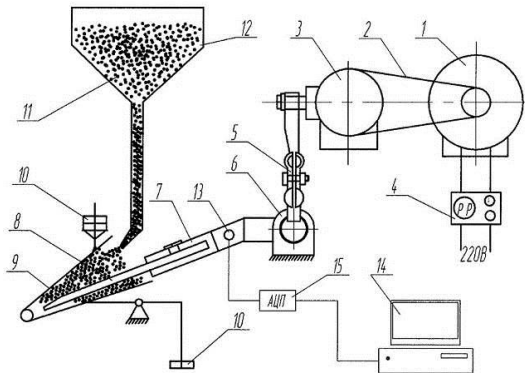


Рис. 10 Схема установки для испытания на абразивный износ рабочих органов почвообрабатывающих машин

Испытуемый образец 8 устанавливают в держатель 7, позволяющий изменять угол его наклона, что позволяет моделировать реальные условия установки рабочего органа почвообрабатывающих машин. Абразивная масса 11 из емкости 12, нагружения 9. Для обеспечения заданного давления абразивной массы 11 на образец 8 сверху и снизу прилагаются усилия с помощью набора грузов 10.

Испытуемый образец 8 приводят в возвратно-поступательное движение от механизма 3, и имитируют линейную скорость движения рабочих органов. Привод включает электродвигатель постоянного тока 1 и ременную передачу 2. Возвратно-поступательное движение передается на держатель 7 через каретку 5 горизонтального перемещения. Линейная скорость движения образца изменяется частотой вращения электродвигателя 1 с помощью регулятора 4 напряжения. Общее сопротивление перемещения образца на ЭВМ от тензометрического датчика 13 через усилитель АЦП15.

Машина трения для испытания на абразивный износ (рис. 11), состоящая из емкости с абразивом, установленного внутри ротора с испытуемыми образцами привода ротора и рычажного устройства для регулировки давления абразива на испытуемые образцы. Испытуемые образцы расположены на роторе под углом. Применение такой машины, обеспечивает подобие условий испытания абразивом определенной фракции, но имеет детали, взаимодействующие с абразивом крупной фракции.

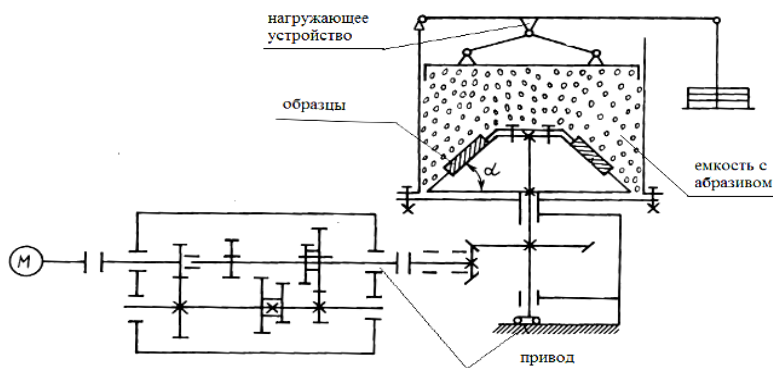


Рис. 11 Схема машина трения для испытания на абразивный износ

Устройство (рис. 12), содержащее емкость с абразивом, закрепленную на станине станка с возможностью перемещения в перпендикулярных направлениях, вал с образцами, закрепленными под определенным углом к направлению движения грунта, с возможностью погружения в грунт на величину, подвергнутую упрочняющим воздействиям. Станок и вал выполнены соответственно с возможностью установки продольной подачи суппорта станка и с возможностью задания частоты вращения вала, соответствующей.

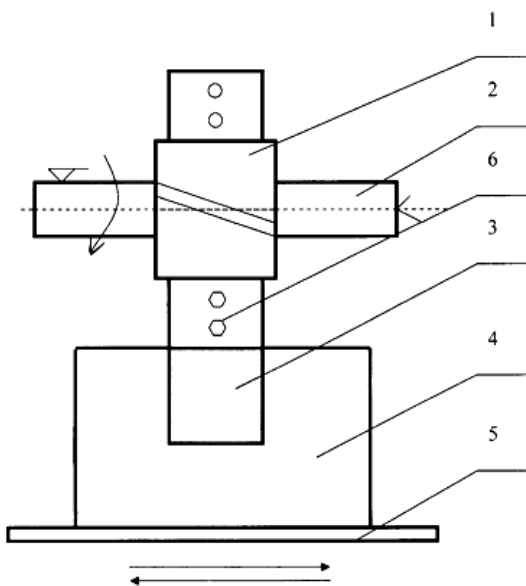


Рис. 12. Схема устройство для испытаний на абразивное изнашивание рабочих органов почвообрабатывающих, строительных и дорожных машин.

1 - оправа с крепежными пластинами; 2 - вал; 3 - испытательные образцы; 4 - емкость с абразивом; 5 - станина станка; 6 - болтовые соединения

Недостатком такого устройства является высокая степень дробления фракций абразивной среды, что нарушает условия испытаний и приводит к получению результатов невысокой достоверности.

Устройство (рис. 13) работает следующим образом. Испытательные образцы 1 устанавливаются на оправку 2, имеющую упор 3 и фиксируются зажимной гайкой 4. Установка испытываемых материалов произво-

дится через определенные промежутки с помощью втулок 5 меньшего диаметра.

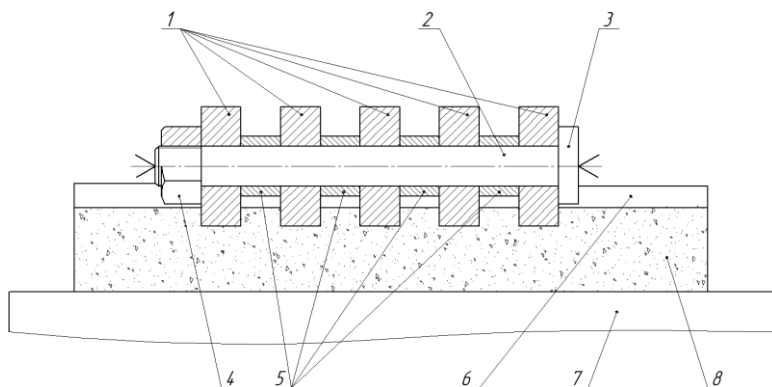


Рис. 13. Схема устройства для испытаний деталей

В емкость 6, установленную на столе станка 7 (например, горизонтально-фрезерного), засыпается абразив 8 требуемого свойства. Устанавливаются заданные условия испытаний - продольная подача стола станка и частота вращения оправки 2. Вращение образцам придается через шпиндель станка. Исследуемые материалы погружаются в абразив на такую величину, чтобы промежуточные втулки 5 его не касались. После прохождения образцов 1 по рабочей длине емкости, чтобы они не перемещались повторно по тому же следу, и для обеспечения перемешивания истирающей массы емкость 6 с абразивом перемещается в поперечном направлении и процесс повторяется. Перемещение в поперечном и продольном направлениях осуществляется в автоматическом режиме.

## 6. Содержание отчета

1. Привести классификацию видов трения и абразивного изнашивания деталей, а также характеристик изнашивания.
2. Описать методы определения износа и их применимость.
3. Предложить конструкцию установки для исследования детали на износ по заданию преподавателя.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Приведите классификацию видов трения и их характеристику.
2. Приведите классификацию видов изнашивания и их характеристику.
3. Приведите характер изменения параметров сопряжения в процессе работы.
4. Опишите метод определения износа микрометрированием, его применимость, достоинства и недостатки.
5. Опишите метод определения износа методом искусственных баз, его применимость, достоинства и недостатки.
6. Опишите метод определения износа по уменьшению массы, его применимость, достоинства и недостатки.
7. Опишите метод определения износа методом анализа содержания железа в масле, его применимость, достоинства и недостатки.
8. Опишите метод определения износа методом радиоактивных изотопов, его применимость, достоинства и недостатки.
9. Какие принципы реализуются в лабораторных установках для испытания деталей на износ?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухарев, Э. А. Эксплуатационная надежность машин: теория, методология, моделирование: учебное пособие / Э. А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006. – 191 с.
2. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин: учеб. пособие / И.М. Жарский [и др.]. – Минск: Высшая школа, 2005. – 299 с.
3. Ренева, А.Н. Методы оценки износа и стоимости деталей, машин, комплексов : учеб. пособие / А.Н. Ренева, О. В. Тупицына. – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2018. – 121 с.

## Лабораторная работа № 2. Изучение параметров старения деталей

### 1. Общие сведения о старении деталей и материалов

Старением материалов называются процессы изменения их физико-механических свойств во времени в условиях длительного хранения при эксплуатации. Старение, как правило, обусловлено недостаточно стабильным равновесным состоянием материала и постепенным его переходом в стабильное (равновесное) состояние.

**К старению металлов** относятся все процессы изменения во времени их свойств, связанные с превращениями металлов в твердом состоянии.

Условно эти процессы можно разделить на две группы:

- превращения, связанные только с изменением кристаллической структуры металла без изменения химического состава;
- превращения, сопровождающиеся образованием фаз с изменением химического состава металла.

В первом случае процессы старения связаны с распадом мартенситной структуры металлических сплавов. Эти процессы обусловлены неустойчивой структурой сплава, возникающей в результате технологической обработки деталей (закалке, наклепке и т.д.) и приводящей к появлению искажений кристаллической решетки. Такое состояние характеризуется повышенным по сравнению со стабильным состоянием уровнем внутренней (свободной) энергии.

Поэтому сущность процесса старения заключается в самопроизвольном переходе из нестабильного состояния в более стабильное и с более низким уровнем внутренней энергии, связанной с атомными перемещениями в решетке металла. При этом атомы в решетке не обмениваются местами, а лишь смещаются относительно друг друга на расстояния, не превышающие межатомные.

Механизм процесса старения сплава с образованием фаз и изменением химического состава заключается в следующем.

В первой стадии происходит направленная диффузия атомов компонента сплава (присадка к основному металлу) и их скопление в определенных участках кристаллической решетки.

Во второй стадии в этих участках формируются очень малые объемы с новой кристаллической решеткой основного металла и присадки.

В третьей стадии происходит отрыв одной решетки от другой и образование дисперсных частиц новой фазы.

В четвертой стадии происходит укрупнение дисперсных частиц и переход нестабильной модификации новой фазы в стабильную.

В результате старения с образованием новых фаз двух различных решеток приводит к упрочнению сплавов, увеличению их твердости, повышению сопротивления пластической деформации и коррозионному разрушению.

Но укрупнение дисперсионных частиц, происходящее в четвертой (заключительной) стадии старения сопровождается постепенным разупрочнением металла. В стареющих сплавах нередко наблюдается коррозионное растрескивание под напряжением.

С целью улучшения или стабилизации характеристик металла деталей машин на практике нередко предусматривают операции искусственного старения. Однако, при этом наряду с улучшением одних характеристик материала деталей может произойти ухудшение других. Так, например, упрочнение металла при старении сопровождается одновременным снижением его пластичности.

На процесс искусственного старения основное влияние оказывает температура нагрева детали. Скорость процесса резко увеличивается с повышением температуры и соответственно резко уменьшается время на достижение стабильного равновесия. Например, отпуск металла при температуре 100°C осуществляется в течение одного часа, а при 20°C процесс достижения происходит в течение 10 лет.

**Старение деталей из неметаллических материалов** заключается в изменении во времени их физико-механических свойств под влиянием окружающей среды и условий эксплуатации: кислорода воздуха, перепада температур, влажности, воздействия солнечных лучей и др.

Старение технических полимерных материалов обусловлено, в основном, процессами, приводящими к деструктуризации полимеров, т.е. распаду основных цепей макромолекул на более простые или изменению строения макромолекул и взаимодействия между ними без разрыва основных цепей.

При старении полимеров изменяются структура, молекулярный вес, химический состав, взаимодействие макромолекул, определяющие физико-механические свойства этих материалов: прочность, твердость, пластичность, эластичность и др.

Под влиянием кислорода воздуха и повышенной температуре в зоне трения происходят механохимические процессы старения резино-

технических изделий, широко используемых в транспортных машинах. В процессе эксплуатации шин, например, в резине наблюдается изменение молекулярной структуры поверхностного слоя и, как следствие, ухудшаются прочностные, усталостные и другие свойства резины.

Под воздействием повышенной температуры, окислительных реакций, срабатывания присадок ускоряются процессы старения масла, ухудшающие физико-механические свойства: вязкость, плотность, модуль упругости, предел прочности на сдвиг.

Наиболее интенсивно процесс старения смазочных материалов протекает в условиях высоких температур, например, в зоне поршневых колец двигателя внутреннего сгорания, где тонкая пленка масла имеет очень высокую температуру и концентрацию продуктов сгорания топлива.

Ухудшение эксплуатационных свойств масла при его старении приводит к тому, что оно перестает выполнять заданные функции, тем самым интенсифицируя процессы трения и изнашивания.

## **2. Методы испытания материалов на старение**

Испытания на старение проводятся для деталей и исходных материалов. Машины и их детали эксплуатируются в определенных условиях, взаимодействуют с воздухом, влагой, подвергаются механической нагрузке.

В проверках на старение состояние материала после заданной нагрузки сравнивается с первоначальным. Процедура проводится еще до стадии разработки оборудования. Фиксируется изменение веса, запаха, цвета, кислотности, внешнего вида, вязкости, физико-химической структуры продукта и других показателей. При необходимости проводятся микробиологические тесты.

Пластик, пластмасса, полимерные материалы, эластомеры подвергаются не только высоким или низким температурам, но и могут специфически реагировать на разброс температур, на сочетание целого комплекса погодных условий или химических агентов. Важна длительность воздействия факторов. Например, полимеры очень устойчивы к кратковременному воздействию высоких температур, но длительный период ухудшает их состояние, вплоть до разрушения.

От результатов испытаний зависит целый комплекс важных параметров изготовленного из материала предмета: срок службы, степень

надежности и ее изменение с течением времени, требуемые и желательные условия эксплуатации.

Конкретная методика испытаний зависит от материала. Испытания могут выполняться в ускоренных условиях или в режиме реального времени.

Для испытаний на старение составляется программа испытаний, в которой прописываются условия, методика, оцениваемые параметры.

Образцы помещают в герметичные камеры. Пустое место составляет половину от размера камеры, оно заполняется стеклянными шариками до 1,5 см в диаметре или металлическими вкладышами.

Емкость с образцами помещают в термостат, оставляя между контейнерами по 20 мм, с отступами до стенок от 50 мм.

Выставляется температура, равная или выше самого высокого предельного уровня хранения.

Начинают постепенно повышает температуру, но не нарушая правила ГОСТ 9.715-86. Каждый уровень температуры выдерживается определенное время, в течение которого возможны значимые изменения показателя.

Узлы перед испытаниями прогревают, после этого начинают отсчет времени, перерывы исключают из счета. Параметры замеряют не меньше 10 раз.

Окончание испытаний зависит от цели. Если требуется установить срок хранения до определенных негативных проявлений в свойствах материала, то дожидаются нужных признаков разрушения. В прочих ситуациях срок испытаний – 30 суток при  $t=80^{\circ}\text{C}$ , и 60 суток при  $t=60^{\circ}\text{C}$ .

Если испытания проходят изделия, которые хранят в негерметичных условиях, в термостатах обеспечивают движение воздуха 3...10 раз в час. Скорость и интенсивность движения воздуха регулируются и измеряются. Далее процедура идет по одному из двух возможных вариантов:

1. Несколько температурных режимов с постепенным повышением при стабильной влажности воздуха. Возможно увеличение обоих показателей.

2. Постоянная температура при растущей влажности воздуха.

Все полученные данные заносятся в протоколы испытаний.

Если за время воздействия образцы материалов не показали изменений, они считаются устойчивыми к старению.

Для проведения испытаний используется разнообразное лабораторное оборудование:

- камеры окружающей среды и климатические камеры.
- конденсирующие устройства.
- камеры на УФ-старение, УФ-тестеры и другие источники ультрафиолета.
- тепловые печи, ПВ для температуры до +70°C или ПА – для более высокой.
- термостаты и сушильные шкафы с естественной конвекцией воздуха или принудительной (оснащенные вентилятором).

С их помощью искусственно варьируют влажность, температуру, холодный белый свет, лучи Uva и коротковолновые лучи Uvb, почти полностью поглощающиеся атмосферой, но оказывающие значительное влияние, имитируют движение воздуха.

### **3. Содержание отчета**

1. Привести описание процессов старения металлов и неметаллических материалов.
2. Описать методы испытаний материалов на старение.
3. Предложить методику исследования материалов на старение по заданию преподавателя.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Опишите процессы старения металлов.
2. Приведите стадии старения сплава с образованием фаз и изменением химического состава.
3. Опишите процессы старения деталей из неметаллических материалов.
4. Опишите методы испытания материалов на старение, их применимость, достоинства и недостатки.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Сухарев, Э. А. Эксплуатационная надежность машин: теория, методология, моделирование: учебное пособие / Э. А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006. – 191 с.
2. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин: учеб. пособие / И.М. Жарский [и др.]. – Минск: Высшая школа, 2005. – 299 с.

## Лабораторная работа № 3. Испытание деталей на коррозионную стойкость

### 1. Коррозия металла и ресурс машин

Под коррозией понимается разрушение металлов вследствие их химического или электрохимического взаимодействия с коррозионной средой. В результате часть металла конструктивных элементов растворяется или переходит в ионное состояние с образованием окислов и солей. Способность металла сопротивляться коррозионному воздействию внешней среды называется коррозионной стойкостью.

Коррозия металла – один из наиболее опасных видов разрушения конструктивных элементов машин. Ежегодно прямые потери от коррозии составляют 10 % всего выплавляемого металла. При этом, несмотря на огромные средства, выделяемые для борьбы с коррозией, общие убытки от нее непрерывно растут.

Значительные потери несут все развитые страны из-за коррозионных разрушений автомобилей. Особенно сильному коррозионному разрушению подвержены детали автомобилей, выполненные из тонколистовой стали (кузова, кабины, резервуары и др.), а также сварные швы, резьбовые соединения, детали топливной аппаратуры двигателей.

Коррозия не только разрушает материал, но и оказывает существенное влияние на другие физические процессы, приводящие к потере машиной работоспособности. Как правило, коррозия ускоряет процессы изнашивания, усталостного разрушения, снижает сопротивляемость материала пластическому деформированию.

#### **Классификация коррозионных процессов**

При классификации коррозионных процессов, характерных для конструктивных элементов машин, используются следующие классификационные признаки:

- механизм взаимодействия материала со средой;
- характер коррозионной среды;
- условия протекания процесса коррозии;
- характер разрушения металла.

**По механизму взаимодействия материала со средой** различают химическую и электрохимическую коррозии.

**Химическая коррозия** протекает в неэлектрических средах и заключается во взаимодействии металла с компонентами этих сред. За-

кономерности протекания химической коррозии те же, что и в процессе окисления металлов. На поверхности металла образуется пленка кислорода, адсорбированного или на чистой поверхности (химическая адсорбция), или молекулы кислорода закрепляются на поверхности предыдущего слоя (физическая адсорбция), или увеличивается толщина пленки окисла (реакция окисления).

Химическая коррозия развивается как в газовой, так и жидкой среде. Примером химической коррозии в газовой среде могут служить детали цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания, конструктивные элементы системы выпуска отработавших газов.

Коррозия в жидкой среде происходит при воздействии на металл агрессивных органических веществ: жидких топлив, растворителей, смазочных масел.

Скорость химического коррозионного разрушения зависит от химической активности и температуры среды, а также коррозионной стойкости материалов деталей. С повышением температуры коррозионные процессы разрушения металла активизируются.

**Электрохимическая коррозия** развивается при воздействии на металл электропроводной среды – раствора электролита.

Процесс электрохимической коррозии можно рассматривать как результат работы коррозионных гальванических элементов взаимодействия металла с электролитом (водой, водными растворами солей, кислот, расплавов солей).

В подавляющем большинстве случаев коррозионное разрушение деталей машин протекает по электрохимическому принципу. На поверхности конструктивного элемента образуется множество микрогальванических пар, взаимодействие которых и приводит к разрушению металла. На отдельных участках поверхности детали образуются катодные участки, на которых идет восстановление окислителей, находящихся в растворе электролита. На остальной поверхности детали, чаще всего на неровностях, локализуются анодные участки, на которых происходит растворение металла.

Наряду с образованием микрогальванических пар на поверхности одной детали подобные пары возникают и между сопряженными деталями, изготовленными из разных металлов. Анодом в такой микрогальванической паре становится металл с отрицательным по отношению к материалу другой детали потенциалом.

Некоторые сплавы, в частности стали различного химического состава, подвергаются межкристаллитной коррозии. Из-за неоднородно-

сти сплавов в их структуре имеются участки, на границах кристаллов которых возникают неодинаковые электрические потенциалы. В результате отдельные кристаллитные зерна выступают в роли анодных, а другие – катодных участков. Возникают электрохимические процессы разрушения металла, которые приводят к точечному разъеданию анодных участков.

Интенсивность электрохимической коррозии зависит главным образом от скорости диффузии окислительных компонентов к поверхности металла, химических и электрохимических реакций. Скорость этих реакций обуславливается энергией активации взаимодействия металла с коррозионной средой, разницей потенциалов на их границе.

Разность потенциалов, например, на границе капли атмосферной влаги и поверхности металла достигает 6 В.

Из всех видов коррозии только при газовой не возникает электрический ток, так как в этой среде отсутствует разница потенциалов, т.е.  $U_c - U_m = 0$ .

**По характеру внешней среды**, действующей на конструктивные элементы машин, различают атмосферную, газовую, жидкостную и биологическую коррозию. Для большинства деталей машин причиной коррозионного разрушения является именно атмосферная коррозия.

Потери металла вследствие атмосферной коррозии составляют более половины общих потерь металла из-за коррозионного разрушения.

**Атмосферной** называют коррозию, возникающую под действием на металл атмосферного воздуха и содержащихся в нем твердых частиц различных примесей и влаги. Процесс разрушения металла при атмосферной коррозии носит электрохимический характер, интенсивность которого зависит от состава и температуры атмосферного воздуха, концентрации содержащихся в нем примесей. Растворенные в конденсате влаги на поверхности деталей примеси, содержащие серу, сернистый газ, сероводород и другие химические элементы, активизируют электрохимические процессы.

На интенсивность разрушения металла при атмосферной коррозии оказывает существенное влияние и температура окружающего воздуха.

При повышенных температурах, особенно в сочетании с высокой влажностью, коррозионные процессы разрушения деталей активизируются.

В зависимости от толщины пленки влаги на поверхности металла атмосферную коррозию можно условно подразделить на сухую, влажную и мокрую.

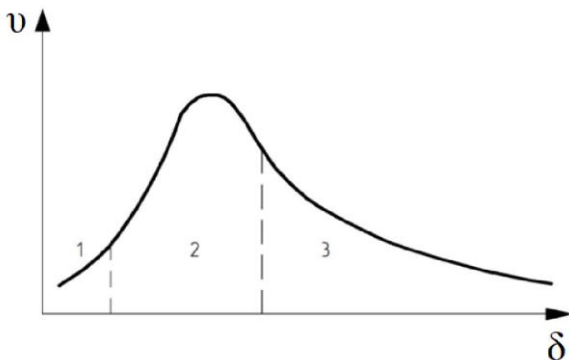


Рис. 1. Зависимость скорости атмосферной коррозии  $v$  от толщины пленки влаги  $\delta$  на поверхности металла:  
1 – поверхность сухая; 2 – влажная; 3 – мокрая

При сухой коррозии на металле под действием кислорода или сероводорода воздуха происходит окисление металла. На поверхности детали образуются невидимые глазом тончайшие окисные пленки по принципу химической коррозии. Такая коррозия вследствие слабой интенсивности процесса оказывает минимальное влияние на долговечность деталей.

Атмосферную коррозию, протекающую при относительной влажности менее 98 % под конденсационными пленками влаги (до 1 мкм), называют влажной. В условиях такой коррозии процесс взаимодействия металла со средой приобретает электрохимический характер.

При этом скорость коррозионного разрушения поверхности металла резко возрастает с увеличением толщины пленки.

Атмосферную коррозию, протекающую при относительной влажности выше 98 % в условиях капельной конденсации или прямого попадания атмосферных осадков на поверхность металла с образованием пленок влаги, толщина которых превышает 1 мкм, называют мокрой.

По своему механизму процесс подобен электрохимической коррозии.

Скорость мокрой коррозии несколько ниже, чем влажной, так как слой жидкости затрудняет диффузию кислорода в поверхность метал-

ла. При полном погружении металла в воду скорость коррозии еще меньше.

В реальных условиях эксплуатации машин влажность, температура, агрессивность окружающей среды могут изменяться в широком диапазоне значений, поэтому разделение атмосферной коррозии на сухую, влажную и мокрую достаточно условно. Обычно встречаются промежуточные виды атмосферного коррозионного воздействия на поверхности деталей.

**Газовая коррозия** является частным случаем химической коррозии и протекает при отсутствии пленок влаги на поверхности детали.

Такой вид коррозии возникает в активных газовых средах при повышенной температуре. В таких условиях работают, например, цилиндры, поршни, клапаны, выхлопные трубы двигателей внутреннего сгорания. Агрессивными свойствами при этом обладает не только кислород, но и пары воды, углекислота, сернистый газ, хлор, сероводород.

При газовой коррозии клапанов и выхлопной трубы происходит процесс образования окалина, который усиливается по мере роста температуры нагрева. При циклических изменениях температуры в окалине возникают внутренние напряжения, которые обусловлены большой разницей коэффициентов линейного расширения (у окалина он намного меньше, чем у металла). В результате окалина разрушается.

**Жидкостная коррозия** металлов в зависимости от вида жидкой среды может носить как химический, так и электрохимический характер. В неэлектропроводящей среде (неэлектриках) жидкостная коррозия развивается по химическому варианту взаимодействия металла с агрессивными компонентами жидкости. Коррозионная активность таких жидкостей (топлива, смазочных масел) зависит от содержания в них серы, агрессивных продуктов окисления смазочных масел, хлора и других активных элементов присадок.

Процесс коррозионного разрушения в электропроводящих жидкостях (вода, водные растворы) принимает электрохимический характер. Электрохимические реакции возникают, например, в системе охлаждения двигателей с образованием накипи, которая ухудшает теплообмен между стенками блока цилиндров и охлаждающей жидкостью. Это в свою очередь приводит к снижению мощности двигателя, увеличению расхода топлива и масла.

**Биологическая коррозия** представляет собой процесс разрушения поверхностей металлов продуктами жизнедеятельности различных

микроорганизмов (бактерий, грибов, плесени). Механизм разрушения при таком виде коррозии носит в основном электрохимический характер.

Продуктами жизнедеятельности микроорганизмов являются сера, сероводород, гидроокись железа, нитриды. Эти вещества обладают определенной коррозионной агрессивностью и стимулируют процессы разрушения металлов. Наибольшую интенсивность биокоррозионного разрушения вызывают бактерии, возникающие чаще всего на увлажненной поверхности металла в широком диапазоне температур.

**По условиям протекания процессов** коррозия подразделяется на контактную, щелевую, структурную, коррозию под напряжением и фреттинг-коррозию.

**Контактная коррозия** возникает при контакте разнородных металлов, имеющих разные электродные потенциалы. При погружении или смачивании контактов электролитами процесс коррозионного разрушения интенсифицируется. При этом преимущественное коррозионное разрушение происходит на поверхности детали с более электроотрицательным потенциалом, являющейся в данных условиях анодной.

Разрушение другой поверхности с электроположительным потенциалом (катодной) постепенно замедляется или прекращается. Контактная коррозия проявляется и в однородных металлах, соединенных между собой болтами, заклепками, сваркой или пайкой.

**Щелевая коррозия** протекает в узких зазорах контактирующих поверхностей металлических деталей по механизму электрохимического процесса. Интенсивность развития такого вида коррозии зависит от глубины и ширины щели, а также отношения объема щели к ее поверхности. С уменьшением ширины щели скорость коррозии возрастает. Причина щелевой коррозии – образование градиента концентраций агрессивного компонента внутри и вне щели. Это ведет к образованию коррозионной пары и ускоренному растворению анодного участка.

Щелевая коррозия возникает и в местах неплотного контакта между металлической и неметаллической поверхностями. Такому виду разрушения подвержены клапанные механизмы, калиброванные дозирующие устройства, гильзы цилиндров под резиновыми уплотнительными манжетами и др.

**Структурная коррозия** возникает в связи с изменением структуры металла, нарушением его неоднородности. В основе такого коррозионного разрушения лежит факт образования новых фаз по границам

зерен. Прежде всего это карбиды металла, которые служат катодными участками, а окружающие участки остального металла – анодные. В окислительных средах происходит интенсивное растворение продуктов коррозии в пограничных зонах между зёрнами (анодных участках).

**Коррозия под напряжением** протекает при одновременном воздействии коррозионной среды и механических напряжений, приводящих к деформации металла. В процессе деформирования металла снижается его термодинамическая стабильность, нарушается защитная пленка на поверхности, что способствует активизации процесса коррозии. Такому виду коррозии подвержены оси автомобилей, рессоры, клапаны двигателей внутреннего сгорания.

**Фреттинг-коррозия** развивается в конструктивных элементах, работающих в условиях пресовых посадок, когда под воздействием нагрузок и вибраций происходит проскальзывание одной поверхности относительно другой, контактирующей с ней. В результате такого взаимодействия появляются коррозионные язвы, а между поверхностями мелкие зёрна оксидов. Процесс сопровождается локальными выделениями тепла, что приводит к химическому изменению в смазочном материале, их окислению и смолообразованию.

Фреттинг-коррозия может привести к ослаблению натяга контактирующих поверхностей или, наоборот, к их заклиниванию, если продукты коррозионного разрушения не имеют выхода из зоны контакта.

Кроме того, в зависимости от механических характеристик поверхностей и напряженности соединения фреттинг-коррозия снижает предел выносливости металла в 2 – 3 раза.

**По характеру разрушения** в зависимости от степени охвата поверхности детали коррозия бывает сплошной, которая охватывает всю поверхность детали, и местной, поражающей ее отдельные участки.

**В зависимости от характера распространения и формы разрушения** коррозия подразделяется на следующие виды (рис. 2):

а – равномерную, развивающуюся с одинаковой скоростью по всей поверхности металла;

б – неравномерную, протекающую на разных участках поверхности с различной скоростью;

в – подповерхностную, распространяющуюся под поверхностью;

г – точечную в виде отдельных точечных коррозионных поражений, диаметр которых меньше глубины проникновения;

д – в виде отдельных коррозионных пятен, диаметр которых значительно превышает глубину проникновения;

- е – сквозную, вызывающую разрушение металла насквозь;
- ж – нитевидную, распространяющуюся в виде нитей преимущественно под неметаллическими защитными покрытиями;
- з – структурную, связанную со структурной неоднородностью металла;
- и – межкристаллитную коррозию, которая распространяется по границам кристаллов металла;
- к – ножевую, распространяющуюся на участках сплавления (сварки) металлов деталей, работающих в агрессивных средах.

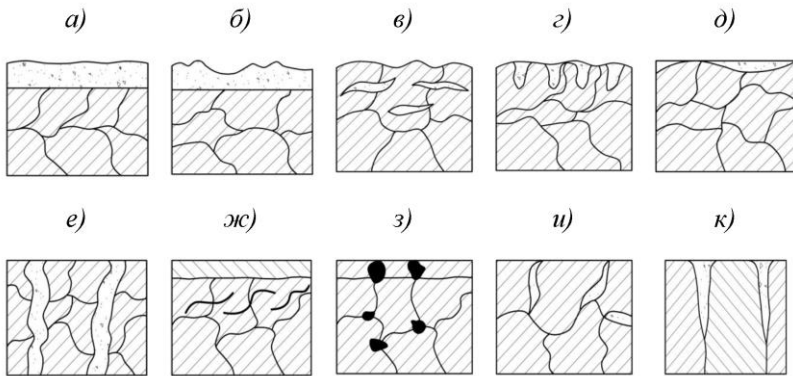


Рис. 2. Графическое отображение видов коррозии

## 2. Параметры и факторы коррозионного разрушения деталей

Любое коррозионное повреждение материала конструктивного элемента снижает его долговечность. Наибольшую опасность для функционирования машины представляет местная (локальная) коррозия, так как при сравнительно небольшой потере металла все прочностные характеристики деталей снижаются. Конструктивные элементы, работающие в условиях переменных нагрузок и имеющие локальные коррозионные повреждения, теряют свою усталостную прочность.

Коррозионное повреждение трущихся поверхностей деталей существенно снижает их износостойкость. Из-за развития коррозионных процессов деталей теряется прочность пресовых посадок.

Количественными показателями оценки коррозионного разрушения служат:

- глубина проникновения и размеры очага коррозии;
- число коррозионных очагов в течение заданного времени;
- изменение массы детали, отнесенной к единице поверхности и единице времени;
- скорость распространения коррозии и др.

Для ответственных элементов конструкции машин наиболее эффективный показатель оценки коррозии – глубина ее проникновения в материал детали. В целом ряде исследований приведены достаточно убедительные данные о влиянии глубины коррозионных каверн на существенное (до 50 %) снижение предела усталости, вполне сопоставимой со снижением усталостной выносливости от надрезов и других концентраторов напряжения. На рисунке показан пример очага коррозии крыла автомобиля по глубине и ширине поражения после заданного периода эксплуатации в условиях внешней агрессивной среды. Измерения проводились с помощью специального прибора с разрешающей способностью 0,25 мкм.

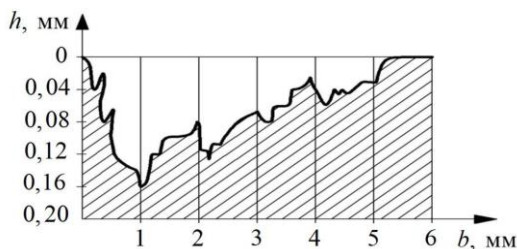


Рис. 3. Очаг коррозионного разрушения на крыле автомобиля:  
h, b – глубина и ширина каверны

### **Факторы, влияющие на развитие коррозионных процессов**

На характер и скорость протекания коррозионных процессов оказывает влияние множество разнообразных факторов, которые обусловлены состоянием и химическим составом металла, технологией изготовления деталей, условиями эксплуатации и т.д. Условно их можно разделить на четыре группы:

- характеризующие состояние металла;
- характеризующие конструктивное исполнение деталей;
- технологические;
- эксплуатационные.

К важнейшим факторам, характеризующим состояние металла, относятся их термодинамическая устойчивость, соотношение компонентов в составе, структура, неоднородность поверхностного слоя, внутренние остаточные напряжения. Большинство металлов в воздушной среде и водных растворах электролитов термодинамически неустойчиво. Коррозионные процессы протекают в них самопроизвольно. Поэтому для повышения коррозионной стойкости используют легирование металлов более стойкими к коррозии элементами.

Снижению коррозионной стойкости металлов способствует электрохимическая неоднородность их поверхности, причины которой – наличие металлических и неметаллических электропроводных макровключений, контакт разнородных материалов, неоднородность защитных пленок и т.п.

К конструктивным факторам относятся: конструкция деталей и сопряжений (наличие застойных зон, зазоров, щелей); контакт металлов, имеющих различные электродные потенциалы; характер соединения элементов конструкции (сварное, резьбовое, шлицевое, заклепочное и др.); концентрация напряжений; характер нагружения.

Контакты металлов с различными электродными потенциалами (например, коррозионностойкая сталь – алюминиевый сплав, коррозионностойкая сталь – оцинкованная поверхность, алюминиевый сплав – кадмиевое покрытие и др.) способствуют возникновению и развитию коррозионных процессов. Контакт металла с полимерным материалом нередко приводит к возникновению коррозии в результате выделения коррозионно-активных ингредиентов из полимера, удержания им влаги и растворения в ней агрессивных реагентов.

Существенное влияние на коррозионный процесс оказывает характер соединения деталей в конструкции. Все виды соединений, выполненные с дефектами, содержат застойные зоны (щели и зазоры), в которых удерживается электролит и накапливаются продукты износа.

Особую опасность представляют неконтролируемые застойные зоны, скопление электролита в которых приводит к интенсивному развитию локальной коррозии. Коррозия в таких местах обнаруживается обычно после образования сквозных разрушений металла.

Из технологических факторов наиболее существенное влияние на развитие коррозионного процесса оказывает включение в металл различных примесей в процессе изготовления деталей. Они попадают в материал детали в процессе получения полуфабрикатов (литье, обработка давлением и др.); при обработке поверхностей (механической,

химико-термической, электрохимической и т.п.), соединении элементов конструкции (дефекты сварки, пайки и др.).

Большое влияние на развитие коррозионных процессов оказывают эксплуатационные факторы: продолжительность эксплуатации, температура и диапазон ее изменения, состав атмосферы, характер загрязнения поверхностей, внешние нагрузки, наличие стимуляторов (ингибиторов) коррозии, солнечная радиация.

Коррозию на открытых и доступных поверхностях деталей возможно своевременно выявить, поэтому могут быть приняты необходимые меры к прекращению или снижению интенсивности процесса. При эксплуатации машин следует контролировать и при необходимости восстанавливать защитные покрытия, удалять продукты коррозии, загрязнения и влагу с поверхностей деталей.

### **3. Методы защиты деталей от коррозии**

Методы защиты деталей от коррозии направлены на устранение или снижение активности факторов, способствующих развитию коррозионных процессов. Условно их можно подразделить на три группы:

- методы воздействия на металл;
- методы воздействия на среду;
- комбинированные методы.

Из первой группы наибольшее распространение получили методы нанесения защитных покрытий, повышения коррозионной стойкости металлов, использование деталей из полимерных материалов.

В настоящее время при изготовлении конструктивных элементов машин широко используются защитные покрытия, наносимые на их поверхности. Повышение коррозионной стойкости деталей достигается такими методами, как:

- погружение в ванну с расплавленным металлом (оцинкование, лужение, свинцевание);
- химико-термическая обработка (цементация, азотирование, цианирование);
- гальваническое покрытие (твердое хромирование, блестящее оцинкование, кадмирование и др.);
- диффузия в верхний слой металла (алитирование, диффузионное хромирование);
- химическая обработка поверхности металла (оксидирование, фосфатирование, хроматирование).

Большую роль в защите машин от коррозии играют лакокрасочные покрытия (ЛКП). Особенно эффективны такие покрытия в качестве внешнего защитно-декоративного слоя в сочетании с металлическими покрытиями. ЛКП представляет собой сложное комбинированное покрытие, каждый слой которого имеет свое назначение и требует выполнения ряда технологических операций. Получение, например, надежного коррозионностойкого ЛКП кузова или кабины автомобиля включает в себя следующие процессы:

- обезжиривание поверхности с помощью водных щелочных препаратов (КМ-1, МС-15 и др.);
- фосфатирование – процесс химической обработки с целью получения на поверхности прочного неэлектропроводного покрытия;
- грунтование – служит для образования связующего слоя между подложкой и последующими слоями покрытия;
- шпатлевание, предназначенное для выравнивания мелких дефектов на грунтованных поверхностях;
- окрашивание – завершающая стадия покрытия.

Наибольшее распространение для окончательной окраски получили синтетические эмали марок МЛ, обеспечивающие высокие физико-механические свойства и качество покрытий. Окрашенные такими эмалями поверхности отличаются повышенным блеском, способностью длительное время сохранять свои свойства при эксплуатации в разных климатических условиях.

Перспективный метод снижения коррозионных повреждений деталей – использование при их изготовлении металлов повышенной коррозионной стойкости (легированные стали и чугуны, алюминиевые сплавы и др.), а также различных пластических и композиционных материалов.

К методам защиты машин от коррозионного воздействия среды относятся:

- герметизация сопряжений;
- максимальное сокращение застойных зон, щелей, зазоров;
- очистка атмосферного воздуха от загрязнений;
- поддержание оптимальных температурных режимов;
- введение качественных противокоррозионных присадок в состав смазочных материалов.

При эксплуатации машин для снижения интенсивности развития коррозионных процессов необходимо постоянно контролировать и своевременно восстанавливать поврежденные защитные покрытия.

При отсутствии желаемого эффекта от отдельного применения методов воздействия на металл и агрессивную среду используют комбинированные методы, основанные на комплексном воздействии на металл и среду. Комплексная защита направлена на решение двух основных задач. Первая заключается в оптимизации выбора коррозионно-стойких металлов и сплавов, нанесении защитных покрытий, вторая – в обеспечении контроля и управления защитой от коррозии в эксплуатации.

#### **4. Испытание деталей на коррозионную стойкость**

Для испытаний на старение под воздействием факторов, вызывающих коррозию, по ГОСТ 9.707-81 составляется программа испытаний, в которой прописываются условия, методика, оцениваемые параметры.

Образцы помещают в герметичные камеры. Пустое место составляет половину от размера камеры, оно заполняется стеклянными шариками до 1,5 см в диаметре или металлическими вкладышами.

Емкость с образцами помещают в термостат, оставляя между контейнерами по 20 мм, с отступами до стенок от 50 мм.

Выставляется температура, равная или выше самого высокого предельного уровня хранения.

Начинают постепенно повышать температуру, но не нарушая правила ГОСТ 9.715-86. Каждый уровень температуры выдерживается определенное время, в течение которого возможны значимые изменения показателя.

Узлы перед испытаниями прогревают, после этого начинают отсчет времени, перерывы исключают из счета. Параметры замеряют не меньше 10 раз.

Окончание испытаний зависит от цели. Если требуется установить срок хранения до определенных негативных проявлений в свойствах материала, то дожидаются нужных признаков разрушения. В прочих ситуациях срок испытаний – 30 суток при  $t=80^{\circ}\text{C}$ , и 60 суток при  $t=60^{\circ}\text{C}$ .

Если испытания проходят изделия, которые хранят в негерметичных условиях, в термостатах обеспечивают движение воздуха 3...10 раз в час. Скорость и интенсивность движения воздуха регулируются и измеряются. Далее процедура идет по одному из двух возможных вариантов:

1. Несколько температурных режимов с постепенным повышением при стабильной влажности воздуха. Возможно увеличение обоих показателей.

2. Постоянная температура при растущей влажности воздуха.

Все полученные данные заносятся в протоколы испытаний.

Если за время воздействия образцы материалов не показали изменений, они считаются устойчивыми к старению.

Для проведения испытаний используется разнообразное лабораторное оборудование:

- камеры окружающей среды и климатические камеры.

- конденсирующие устройства.

- камеры на УФ-старение, УФ-тестеры и другие источники ультрафиолета.

- тепловые печи, ПВ для температуры до +70°C или ПА – для более высокой.

- термостаты и сушильные шкафы с естественной конвекцией воздуха или принудительной (оснащенные вентилятором).

С их помощью искусственно варьируют влажность, температуру, холодный белый свет, лучи Uva и коротковолновые лучи Uvb, почти полностью поглощаемые атмосферой, но оказывающие значительное влияние, имитируют движение воздуха.

## 5. Содержание отчета

1. Привести описание процессов коррозии металлов и классификацию видов коррозии.

2. Описать методы испытаний материалов на коррозионную стойкость.

3. Предложить методику исследования материалов на коррозионную стойкость по заданию преподавателя.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите сущность процесса коррозии.

2. Приведите особенности атмосферной коррозии.

3. Приведите особенности жидкостной и биологической коррозии.

3. Приведите классификацию коррозии по условиям протекания процессов.

4. Приведите классификацию коррозии по характеру разрушения.

5. Приведите параметры и факторы коррозионного разрушения деталей.

6. Приведите методы защиты деталей от коррозии.

7. Опишите методику испытания деталей на коррозионную стойкость.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухарев, Э. А. Эксплуатационная надежность машин: теория, методология, моделирование: учебное пособие / Э. А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006. – 191 с.

2. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин: учеб. пособие / И.М. Жарский [и др.]. – Минск: Высшэйшая школа, 2005. – 299 с.

## **Лабораторная работа № 4.**

### **Ресурсное диагностирование цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателей**

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

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

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

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

#### **Задачи:**

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

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

- получить практические навыки по техническому обслуживанию и определению технического состояния цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов дизельных двигателей.

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

### **Указания по технике безопасности.**

При диагностировании и техническом обслуживании цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов дизельного двигателя необходимо соблюдать следующие основные требования техники безопасности:

1. Все операции, за исключением тех, выполнение которых возможно только при работающем механизме, следует выполнять при остановленном двигателе.

2. Перед тем как запустить двигатель, необходимо убедиться, что рычаг переключения передач находится в нейтральном положении, а в кабине нет посторонних лиц.

3. Во время прогрева двигателя всякие операции по подключению приборов к нему запрещаются.

4. Запрещается находиться под трактором при работающем двигателе.

5. Перед испытаниями проверить надежность крепления приборов.

6. Во время проведения работы по диагностированию и техническому обслуживанию нельзя находиться возле трактора посторонним лицам.

7. Пуск двигателя осуществляется заведующим лабораторией после полного обеспечения безопасности участников работы.

8. Вращающиеся части трактора должны иметь защитные ограждения.

9. Во избежание ожогов необходимо быть осторожным и не прикасаться руками к горячим частям двигателя.

10. Контрольно-диагностические средства и слесарный инструмент должны быть исправными, соответствовать своему назначению и обеспечивать безопасность выполнения работ.

### **1. Неисправности цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов**

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

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

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

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

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

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

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

С увеличением зазора нарушаются условия жидкостного трения, возрастают динамические нагрузки, которые постепенно приобретают ударный характер. Давление масла в магистрали двигателя понижается, так как облегчается его протекание через увеличенные зазоры подшипников коленчатого вала.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **2. Диагностирование цилиндропоршневой группы двигателя**

### **2.1. Диагностирование цилиндропоршневой группы по расходу картерных газов**

Расход газов, прорвавшихся через зазоры цилиндропоршневой группы в картер двигателя, определяют индикатором КИ-13671 (рис. 1). Индикатор состоит из корпуса *б*, к которому с помощью удлинителя *з* присоединен сигнализатор *1*. Нижней частью корпус индикатора вставляется в маслозаливную горловину двигателя.

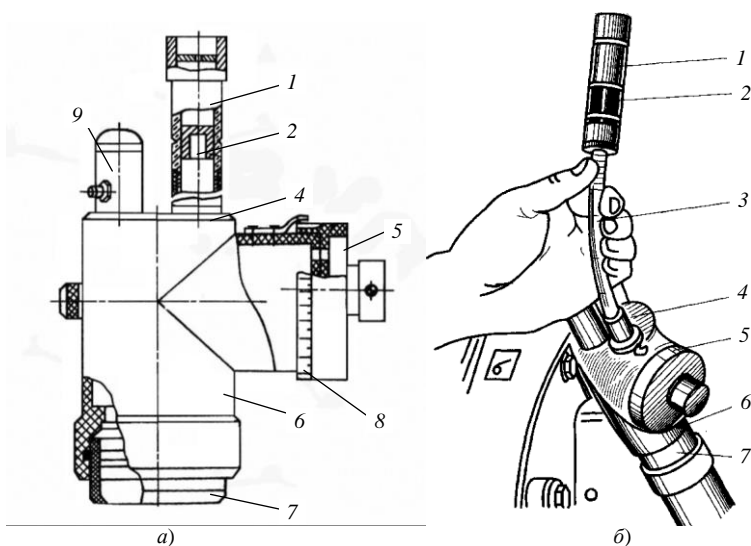


Рис. 1. Устройство индикатора КИ-13671 (а) и измерение расхода картерных газов индикатором КИ-13671 (б): 1 – сигнализатор; 2 – поршень сигнализатора; 3 – удлинитель; 4 – патрубок; 5 – крышка; 6 – корпус; 7 – переходник; 8 – шкала; 9 – колпачок

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

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

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

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

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

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

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

Измерения проводят трижды и определяют среднее значение расхода газов. Сравнивают расход картерных газов с нормативными значениями (табл. 1). Если измеренное значение превышает предельное, цилиндропоршневую группу ремонтируют.

Таблица 1. Нормативные значения расхода картерных газов

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

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

$$Q = 1,08 \cdot Q_{\text{шкалы}} + 100, \text{ л/мин.}$$

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

## 2.2. Диагностирование цилиндропоршневой группы по компрессии в цилиндрах двигателя

Компрессия – это максимальное давление воздуха или топливовоздушной смеси в цилиндре двигателя в конце такта сжатия.

От компрессии зависит эффективность процесса сгорания топлива, оказывающая существенное влияние на мощностные и экономические показатели двигателя. Компрессия в цилиндрах бензиновых и дизельных двигателей должна соответствовать значениям, указанным в табл. 2.

Таблица 2. Нормативные значения компрессии в цилиндрах двигателя

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

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

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

Для проверки давления у двигателей используют компрессометры (рис. 2). Компрессометры для бензиновых двигателей вставляются конусным резиновым наконечником в свечное отверстие или вворачиваются в него с помощью резьбовых адаптеров.

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

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



Рис. 2. Компрессометры: *а* – для бензиновых двигателей;  
*б* – для дизельных двигателей

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

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

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

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

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

Присоединяют адаптер компрессометра к свечному или форсуночному отверстию и, проворачивая коленчатый вал двигателя стартером

в течение 5 с, фиксируют по манометру прибора максимальное давление в цилиндре. Для повышения точности измерения его проводят трижды.

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

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

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

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

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

- негерметичностью впускных и выпускных клапанов в результате прогорания клапанов, разрегулирования теплового зазора в клапанном механизме, износа направляющих втулок клапанов, деформации стержня клапана;
- нарушением герметичности уплотнений форсунок и свечей зажигания;
- наличия трещин в головке блока цилиндров;
- коробления привалочной поверхности головки блока цилиндров;
- дефектов прокладки головки блока цилиндров.

### **2.3. Оценка герметичности надпоршневого пространства цилиндров двигателя**

Негерметичность надпоршневого пространства цилиндров вызывает увеличение расхода топлива, снижение мощностных показателей, затрудняет пуск и приводит к неравномерной работе двигателя. Для определения неплотностей в соединениях кольцо – цилиндр и клапан – седло используют анализатор герметичности цилиндров КИ-5973 или АГЦ-2 (рис. 3).

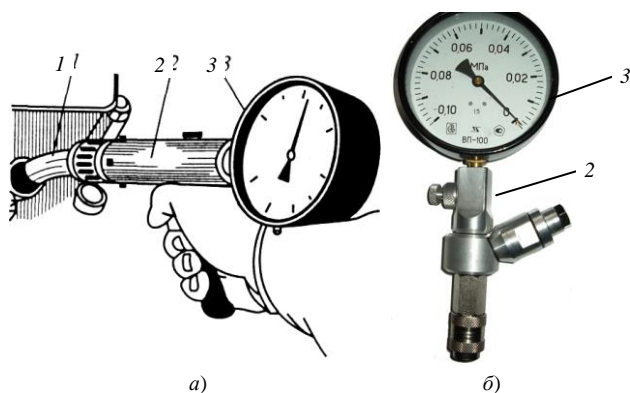


Рис. 3. Анализаторы герметичности цилиндров КИ-5973 (а) и АГЦ-2 (б):  
1 – наконечник; 2 – корпус; 3 – вакуумметр

Анализатором герметичности цилиндров измеряется вакуумметрическое давление (разряжение) создаваемое при движения поршня вниз на такте расширения.

Для диагностирования цилиндропоршневой группы проводят подготовительные операции аналогичные измерению компрессии.

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

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

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

Сравнивают измеренные значения с данными табл. 3 и определяют возможные неисправности.

Таблица 3. Нормативные значения разрежение в цилиндре на такте сжатия

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

#### 2.4. Оценка герметичности цилиндров пневмотестером

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

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

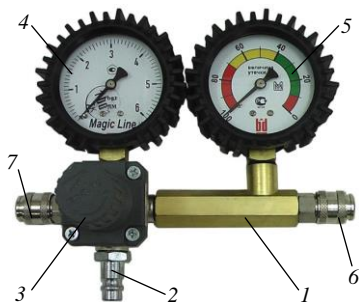


Рис. 4. Пневмотестер: 1 – корпус; 2 – входной штуцер; 3 – регулятор давления подаваемого воздуха; 4 – манометр контроля входного давления; 5 – манометр для измерения давления в надпоршневом пространстве цилиндра; 6 – выходной штуцер; 7 – штуцер продувочного канала

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Сравнивают измеренные значения с данными табл. 4 и определяют состояние цилиндров двигателя. Отклонение показаний по всем цилиндрам не должно превышать 10...15 %.

Таблица 4. Состояние цилиндра двигателя в зависимости от величины утечек

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

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

### 3. Диагностирование кривошипно-шатунного механизма

Суммарный зазор в сопряжениях кривошипно-шатунного механизма определяется суммой зазоров в нижней головке шатуна (между вкладышем и шатунной шейкой коленчатого вала) и верхней головке шатуна (между втулкой шатуна и поршневым пальцем (рис. 5).

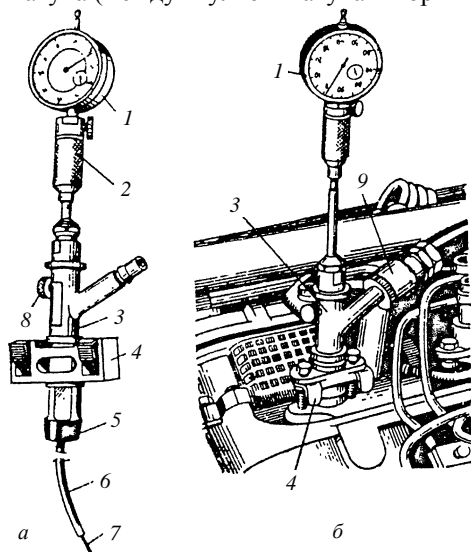


Рис.5. Прибор КИ-11140 (а) и его применение (б):  
 1 – индикатор; 2 – индикаторный штатив; 3 – основание;  
 4 – быстросъемный фланец; 5 – наконечник; 6 – оправка;  
 7 – струна; 8 – винт; 9 – штанцер

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

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

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

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

Чтобы измерить зазоры, нужно с двигателя снять форсунки, установить поршень проверяемого цилиндра в верхнюю мертвую точку (ВМТ) на такте сжатия и застопорить коленчатый вал, закрепить устройство в головке вместо форсунки (рис. 6, б), предварительно ослабив стопорный винт и приподняв индикаторный штатив с индикатором, оправкой и струной вверх.

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

Далее следует присоединить распределительный трубопровод 2 (рис. 6) компрессорно-вакуумной установки к штуцеру пневматического приемника устройства КИ-11140.

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

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

С помощью крана 11 соединить рессивер 14 сжатого воздуха с надпоршневым пространством и настроить индикатор на нуль. Затем, соединив рессивер 8 разреженного воздуха с надпоршневым пространством, зафиксировать показание индикатора. Если суммарный зазор (табл. 5) хотя бы у одного шатуна превышает допустимое значение, двигатель подлежит ремонту. Переключая распределительный кран 3, выполняют два-три цикла подачи давления и разрежения в надпоршневое пространство до получения стабильных показаний индикатора.

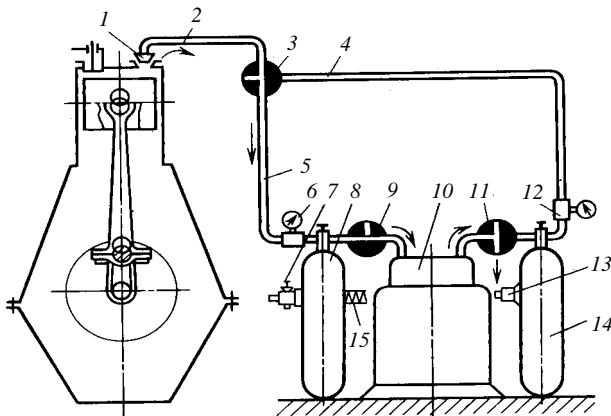


Рис. 6. Компрессорно-вакуумная установка: 1 – наконечник; 2 – распределительный трубопровод; 3 – распределительный кран; 4 – нагнетательный трубопровод; 5 – всасывающий трубопровод; 6 – вакуумметр; 7 – вентиль; 8 – ресивер разрежения; 9, 11 – кран; 10 – компрессор; 12 – регулятор давления; 13 – предохранительный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

#### 4. Контроль давления масла в масляной магистрали

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

О моменте остановки двигателя судят по прекращению вращения коленчатого вала.

Ротор исправного центробежного маслоочистителя должен вращаться не менее 30...40 с после остановки двигателя. Если время выбега ротора РМЦ меньше 15...20 с, необходимо проводить работы по его обслуживанию.

Давление масла в масляной магистрали контролируется по штатному манометру или приспособлением КИ-13936 (КИ-28156). Если штатный

манометр исправный, его показания не должны отличаться от показаний манометра приспособления КИ-13936 (КИ-28156) более чем на 5%.

Таблица 5. Номинальные и предельные зазоры в кривошипно-шатунном механизме

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

Приспособление КИ-13936 подсоединяют к масляной магистрали двигателя, прогревают двигатель до номинального температурного режима и определяют давление масла. Если полученные значения давления отличаются от предельно допустимых (табл. 6), то необходимо проверить и отрегулировать клапаны главной масляной магистрали.

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

Далее следует затянуть до отказа регулировочные пробки этих клапанов. Приспособление покажет давление срабатывания предохранительного клапана масляного насоса, которое должно быть в пределах 0,8...0,9 Мпа (8...9 кгс/см<sup>2</sup>).

Ослабляя регулировочной пробкой 5 (рис. 7) затяжку пружины сливного клапана необходимо довести показания приспособления до номинального давления в главной масляной магистрали (табл. 6).

Затем с помощью пробки регулируется усилие пружины перепускного клапана так, чтобы приспособление показывало давление в пределах, указанных в табл. 6, при номинальных оборотах коленчатого вала двигателя.

После регулировки необходимо вернуть на место защитные пробки 3 сливного и перепускного клапанов. Если параметры давления в масляной магистрали согласовываются с данными табл. 6, двигатель с таким кривошипно-шатунным механизмом можно использовать при рядовой эксплуатации.

Таблица 6. Давление масла в главной масляной магистрали

Марка двигателя	Номинальная частота вращения коленчатого вала, об/мин	Давление масла в магистрали, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	
		номинальное	при минимальной частоте вращения
Д-243, Д-245, Д-245.2	2200	0,25...0,35 (2,5...3,5)	0,08 (0,8)
Д-245S3A, Д-245.2S3A	2400	0,25...0,35 (2,5...3,5)	0,08 (0,8)
Д-245.5S3A, Д-245.43 S3A	1800	0,25...0,35 (2,5...3,5)	0,08 (0,8)
Д260.1, Д260.2, Д260.4, Д260.7, Д260.9,	2100	0,28...0,45 (2,8...4,5)	0,1 (1,0)
Д-262S2, Д-262.1S2, Д-262.2S2, Д-263S2, Д-263.2S2	2100	0,33...0,50 (3,3...5,0)	0,12 (1,2)
DEUTZ VF06M1013FC	2300	0,30...0,50 (3,0...5,0)	0,08 (0,8)
ЯМЗ-236НЕ, ЯМЗ-236Н ЯМЗ-238ДЕ, ЯМЗ-238ДЕ2	2100	0,40...0,70 (4,0...7,0)	0,10 (1,0)
ЯМЗ-236БЕ, ЯМЗ-236Б ЯМЗ-238БЕ, ЯМЗ-238БЕ2	2000	0,40...0,70 (4,0...7,0)	0,10 (1,0)
ЯМЗ-7511.10, ЯМЗ-7512.10, ЯМЗ-7513.10	1900	0,40...0,70 (4,0...7,0)	0,10 (1,0)

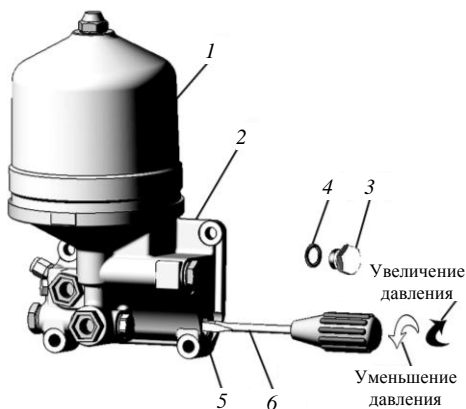


Рис. 9. Регулировка давления масла:  
 1 – фильтр масляный центробежный;  
 2 – корпус фильтра; 3 – пробка клапана; 4 – прокладка пробки;  
 5 – пробка регулировочная;  
 6 – отвертка

## 5. Диагностирование газораспределительного механизма

При диагностировании газораспределительного механизма проверяется отклонение от номинальных значений тепловых зазоров между клапаном и бойком коромысла. При уменьшенном зазоре тарелки клапанов могут неплотно прилегать к седлам, что приводит к выгоранию фасок клапанов и седел и нарушению герметичности цилиндров и происходит падение мощности двигателя.

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

**Методика проверки теплового зазора за один оборот коленчатого вала** выполняется в следующей последовательности.

Коленчатый вал вращают до тех пор, пока в первом цилиндре не будет достигнуто перекрытие обоих клапанов (выпускной клапан еще не закрылся, впускной клапан начинает открываться) и проверяют (регулируют) зазоры согласно схемы (рис. 8).

Двигатель Д-260

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

Двигатели Д-243 и Д-245

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

Двигатель Deutz BF06M1013FC

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

Двигатель Deutz TCD 2012 L04 2V (отсчет от маховика)

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

Рис. 7. Порядок регулировки клапанов двигателей за один оборот коленчатого вала

Например, для двигателя Д-260 – зазоры в 3, 6, 7, 10, 11 и 12 клапанах (отсчет от вентилятора). Затем поворачивают коленчатый вал на один оборот, установив перекрытие в шестом цилиндре (для шестицилиндрового двигателя) или четвертом цилиндре (для четырехцилиндрового двигателя), и регулируют зазоры в оставшихся клапанах. Например, для двигателя Д-260 – зазоры в 1, 2, 4, 5, 8 и 9 клапанах (отсчет от вентилятора).

**Методика проверки теплового зазора за два оборота коленчатого вала** выполняются в следующей последовательности.

Устанавливают перекрытие клапанов в первом цилиндре и проверяют (регулируют) зазоры в шестом цилиндре (для шестицилиндрового двигателя) или четвертом цилиндре (для четырехцилиндрового двигателя).

Проворачивая коленчатый вал на 60° (1/3 оборота) по ходу часовой стрелки для шестицилиндрового двигателя или 90° (1/2 оборота) для четырехцилиндрового двигателя, устанавливают перекрытие клапанов в порядке работы цилиндров 1–5–3–6–2–4 (для шестицилиндрового двигателя) или 1–3–4–2 (для четырехцилиндрового двигателя) и регулируют зазоры в клапанах согласно схемы (рис. 8).

<i>a</i>	Перекрытие клапанов	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
	Регулируемые клапана	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

<i>б</i>	Перекрытие клапанов	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
	Регулируемые клапана	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

Рис. 8. Порядок регулировки клапанов шестицилиндровых (а) и четырехцилиндровых (б) двигателей за два оборота коленчатого вала

Величина зазора между торцами стержней клапанов и бойками коромысел должна соответствовать значениям, указанным в табл. 7.

Таблица 7. Зазоры между торцом стержня клапана и бойком коромысла, мм

Марка двигателя	Впускные клапаны		Выпускные клапаны	
	проверка	регулировка (номинальный)	проверка	регулировка (номинальный)
Д-243 и его модификации	0,20...0,35	0,25...0,30	0,20...0,35	0,25...0,30
Д-245 и его модификации	0,15...0,30	0,20...0,25	0,35...0,50	0,40...0,45
Д-260 и его модификации	0,15...0,30	0,20...0,25	0,35...0,50	0,40...0,45
ЯМЗ-236 и его модификации	0,20...0,35	0,25...0,30	0,20...0,35	0,25...0,30
ЯМЗ-238 и его модификации	0,20...0,35	0,25...0,30	0,20...0,35	0,25...0,30

**Проверка и регулировка зазора с помощью приспособления КИ-9918.** Для проверки зазора между торцом стержня клапана и бойком коромысла приспособлением КИ-9918 его необходимо установить на тарелку клапана (рис. 12) и отжимным кулачком перевести подвижную каретку 3 в верхнее положение. Приспособление должно быть зажато между тарелкой клапана и коромыслом, а усики подпружиненной подвижной каретки 3 – прижаты к бойку коромысла 4.

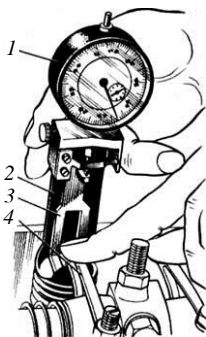


Рис. 12. Измерение зазора приспособлением КИ-9918:  
1 – индикатор; 2 – корпус;  
3 – подвижная каретка;  
4 – коромысло

Затем следует установить «0» шкалы индикатора 1 напротив стрелки и прижать пальцем боек коромысла к торцу стержня клапана. Стрелка индикатора остановится в положении, которое будет соответствовать тепловому зазору.

## 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

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

2. Изучить и законспектировать порядок диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя.

3. Выполнить диагностирование цилиндропоршневой группы по расходу картерных газов.

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

5. Выполнить диагностирование цилиндропоршневой группы анализатором герметичности цилиндров.

6. Выполнить диагностирование цилиндропоршневой группы пневмотестером.

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

8. Выполнить контроль давления масла в масляной магистрали.

9. Изучить и законспектировать порядок диагностирования газораспределительного механизма двигателя.

10. Внести значения измеряемых и нормативных данных в протокол диагностирования (табл. 8). Проанализировать полученные данные и сделать заключение о техническом состоянии цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателя.

Таблица 8. Протокол диагностирования двигателя

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

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите неисправности цилиндропоршневой группы и их внешние признаки.

2. Укажите неисправности кривошипно-шатунного механизма и их внешние признаки.

3. Укажите неисправности газораспределительного механизма и их внешние признаки.
4. Как выполняется диагностирование цилиндропоршневой группы по расходу картерных газов?
5. Как выполняется диагностирование цилиндропоршневой группы по компрессии в цилиндрах двигателя?
6. Как выполняется диагностирование цилиндропоршневой группы анализатором герметичности цилиндров?
7. Как выполняется оценка цилиндров пневмотестером?
8. Каков порядок определения суммарных зазоров в сопряжениях кривошипно-шатунного механизма?
9. Как оценить состояние кривошипно-шатунного механизма по давлению масла в масляной магистрали.
10. Каким образом выполняется проверка зазоров между торцом стержня клапана и бойком?

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А. Д. Ананьин [и др.]. – Москва: Академия, 2008. – 429 с.
2. Техническое обслуживание и ремонт тракторов: учеб. Пособие / Е. А. Пучин [и др.]; под ред. Е. А. Пучина. – 4-е изд., стер. – Москва: Академия, 2008. – 207 с.
3. Диагностирование тракторов: учеб. пособие / В. И. Присс. [и др.]; под ред. В. И. Присса. – Минск: Ураджай, 1993. – 240 с.
4. Бельских Н. П. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов. – 3-е изд., перераб. И доп. – Москва: Россельхозиздат, 1986. – 399 с.
5. Руководства по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belarus-tractor.com/service/operation-manual/>. – Дата доступа: 18.01.2021.

## **Лабораторная работа № 5.** **Ресурсное диагностирование систем питания, смазки и охлаждения двигателей**

Система питания дизельного двигателя предназначена для подачи в цилиндры в определенный момент времени под определенным давлением нужного количества топлива. Из-за необходимости обеспечения высокого давления впрыска и высоких требований к точности работы, элементы системы питания дизельного двигателя требовательны к чистоте топлива и качеству эксплуатации двигателя. Ее техническое состояние резко ухудшается при попадании в топливо загрязнений в виде абразивных частиц, смол, воды, растворенных газов. Кроме того, работа системы питания дизельного двигателя напрямую зависит от технического состояния воздухоподводящего тракта, особенно воздушного фильтра и турбокомпрессора.

Состояние топливной аппаратуры характеризуется в основном следующими параметрами: давлением, развиваемым подкачивающим насосом, пропускной способностью фильтров грубой и тонкой очистки топлива, давлением впрыскивания и качеством распыливания топлива форсункой, состоянием плунжерных пар и нагнетательных клапанов, износом, углом опережения начала впрыска топлива в цилиндры двигателя и др.

В процессе эксплуатации возникают неисправности и отказы в работе системы питания. Важно научиться определять их как по внешним качественным признакам, так и с помощью диагностических средств. Предупреждение отказов, их оперативное устранение снижают простой машин по техническим причинам, увеличивают их производительность, что положительно сказывается на сроках выполнения работ и способствует получению дополнительной прибыли производителями сельскохозяйственной продукции.

**Цель работы:** освоение операций диагностирования системы питания и воздухоподводящего тракта дизельных двигателей.

**Задачи:**

- изучить неисправности топливной аппаратуры и воздухоподводящего тракта дизельных двигателей;
- получить практические навыки по определению технического состояния элементов топливной аппаратуры и воздухоподводящего тракта дизельных двигателей.

**Оборудование, приспособления, приборы и инструменты:** тракторы «Беларус-920» и «Беларус-1221», комплект средств диагностиро-

вания топливной аппаратуры и воздухоподводящего тракта, набор слесарного инструмента, обтирочный материал.

#### **Указания по технике безопасности.**

При диагностировании и техническом обслуживании топливной аппаратуры и воздухоподводящего тракта дизельного двигателя необходимо соблюдать следующие основные требования техники безопасности:

1. Все операции, за исключением тех, выполнение которых возможно только при работающем механизме, следует выполнять при остановленном двигателе.

2. Перед тем как запустить двигатель, необходимо убедиться, что рычаг переключения передач находится в нейтральном положении, а в кабине нет посторонних лиц.

3. Перед испытаниями проверить надежность крепления приборов.

4. Запрещается находиться под трактором при работающем двигателе.

5. Во время проведения работы по диагностированию и техническому обслуживанию нельзя находиться возле трактора посторонним лицам.

6. Пуск двигателя осуществляется заведующим лабораторией после полного обеспечения безопасности участников работы.

7. Вращающиеся части трактора должны иметь защитные ограждения.

8. Контрольно-диагностические средства и слесарный инструмент должны быть исправными, соответствовать своему назначению и обеспечивать безопасность выполнения работ.

### **1. Общее устройство системы питания и воздухоподводящего тракта дизельных двигателей**

Система питания дизельного двигателя (рис. 1) состоит из топливного бака 1, устанавливаемого на тракторе, фильтров грубой 2 и тонкой 6 (7) очистки топлива, подкачивающего насоса 4, топливного насоса высокого давления 5, форсунок 9, трубопроводов низкого 3 и высокого 8 давления.

На двигатель Д-243 и его модификации устанавливается топливный насос высокого давления 4УТНИ, на двигатель Д-245 и его модификации – 4УТНИ-Т или насос серии 773 (ОАО «ЯЗДА», РФ). На двигатель Д-260 и его модификации устанавливается топливный насос высокого

давления серии PP6M10P1f (АО «Моторпал», Чехия) или серии 363 (ОАО «ЯЗДА», РФ).

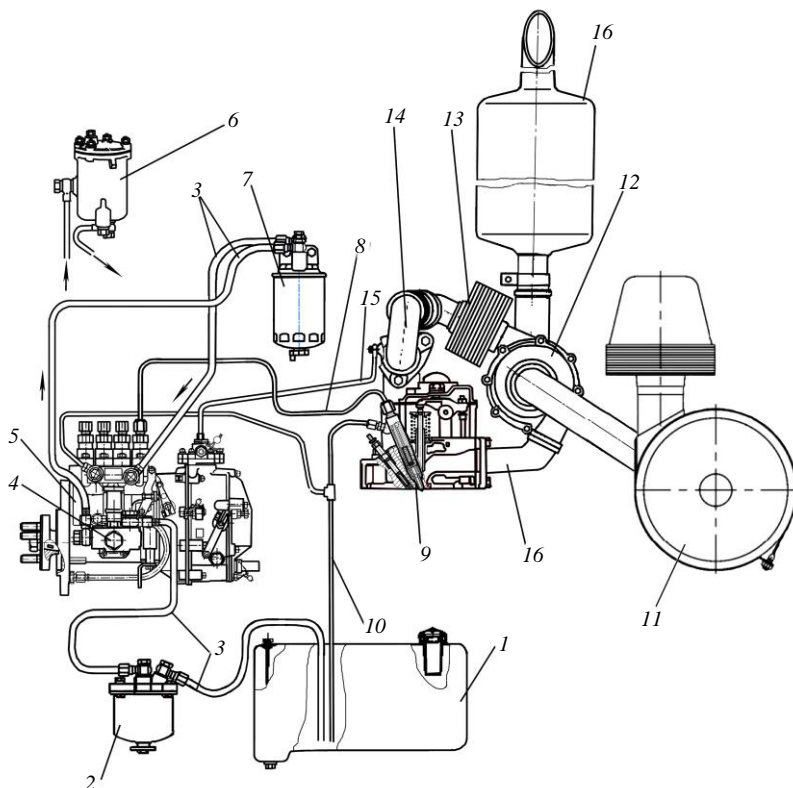


Рис. 1. Схема системы питания дизельного двигателя: 1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки топлива; 3 – топливные трубки низкого давления; 4 – топливоподкачивающий насос; 5 – топливный насос высокого давления; 6 – фильтр тонкой очистки топлива (со сменным фильтрующим элементом); 7 – фильтр тонкой очистки топлива (неразборный); 8 – топливопроводы высокого давления; 9 – форсунка; 10 – трубка отвода топлива в бак; 11 – воздухоочиститель; 12 – турбокомпрессор; 13 – охладитель надвучного воздуха; 14 – впускной коллектор; 15 – трубка пневмокоректора; 16 – глушитель

Все модели насосов приводятся от коленчатого вала двигателя через распределительные шестерни. Взаимное положение шестерни и полумуфты привода топливного насоса фиксируется затяжкой гаск,

устанавливаемых на шпильки полумуфты. Значение момента затяжки гаек 35...50 Н·м.

Топливный насос 5 объединен в один агрегат с всережимным регулятором и топливоподкачивающим насосом 4 поршневого типа. Регулятор имеет корректор подачи топлива, автоматический обогатитель топливоподачи (на пусковых оборотах), а у топливного насоса двигателей Д-245 и Д-260 – дополнительно пневматический ограничитель дымления (корректор по наддуву).

Рабочие детали топливного насоса смазываются проточным маслом, поступающим из системы смазки двигателя в корпус насоса через специальное отверстие во фланце.

При установке на двигатель нового или отремонтированного насоса необходимо залить в него 200...250 см<sup>3</sup> масла, применяемого для смазки двигателя, через маслозаливное отверстие.

Подкачивающий насос 4 установлен на корпусе насоса высокого давления и приводится эксцентриком кулачкового вала.

Форсунки 9 предназначены для впрыскивания топлива в цилиндры двигателя. Они обеспечивают необходимый распыл топлива и ограничивают начало и конец подачи.

На двигателях минского моторного завода применяются форсунки с пятидырчатым распылителем закрытого типа 172.1112010-11.01; 172.1112010-11.02; 174.1112010-01; 174.1112010-02 (ЗАО «АЗПИ», РФ); 455.1112010-50 (ОАО «ЯЗДА», РФ); VA70P360-2994; VA70P360-2995; VA70P360-2997 («MOTORPAL», Чехия); WNAP 455-50 («PZL», Польша)

Форсунки с индексом «172», а также форсунки VA70P360-2994, VA70P360-2995, устанавливаются совместно с головкой блока цилиндров с винтовыми впускными каналами. Форсунки VA70P360-2997 и форсунки с индексом «174» устанавливаются совместно с головкой блока цилиндров с тангенциальными впускными каналами.

Фильтр грубой очистки 2 служит для предварительной очистки топлива от механических примесей и воды. Он состоит из корпуса, отражателя с сеткой, рассеивателя, стакана с успокоителем. Слив отстоя из фильтра производится через отверстие в нижней части стакана, закрываемое пробкой.

Фильтр тонкой очистки 6 (7) имеет бумажный элемент и служит для окончательной очистки топлива. Топливо, проходя сквозь шторы бумажного фильтрующего элемента, очищается от механических примесей. В нижней части корпуса фильтра находится отверстие с пробкой для слива отстоя. Для удаления воздуха из системы питания на крышке фильтра расположена специальная пробка.

В зависимости от модели двигателя может устанавливаться неразборный фильтр тонкой очистки или разборный – со сменным бумажным фильтрующим элементом.

**Воздухоподводящий тракт** включает воздухоочиститель 11, турбокомпрессор 12, охладитель надувочного воздуха 13 и впускной коллектор 14.

Воздух под действием разрежения, создаваемого турбокомпрессором двигателя, проходя через воздухоочиститель, очищается от пыли и поступает в нагнетательную часть турбокомпрессора, откуда под давлением, проходя через охладитель надувочного воздуха, подается в цилиндры двигателя.

Воздухоочиститель двигателя Д-243 и Д-245 комбинированный: сухая центробежная очистка и масляный пылеуловитель с мокрым капроновым фильтром. В корпусе воздухоочистителя установлены три фильтрующих элемента из капроновой щетины разного диаметра.

На двигателе Д-260 и его модификациях применяется воздухоочиститель, состоящий из основного и контрольного бумажных фильтратронов. Опционально такой же воздухоочиститель может устанавливаться и на двигателе Д-245 и его модификациях. Воздухоочиститель имеет три ступени очистки. Первой ступенью служит моноциклон, второй и третьей – основной и контрольный бумажные фильтратроны.

Для контроля за степенью засоренности воздухоочистителя во впускном тракте двигателя установлен датчик-сигнализатор засоренности воздушного фильтра. По мере засорения воздухоочистителя растет разрежение во впускном трубопроводе и, при достижении величины 6,5 кПа, срабатывает сигнализатор, информирующий о необходимости технического обслуживания воздухоочистителя.

На двигателях Д-245 и Д-260 устанавливается регулируемый турбокомпрессор. Регулирование наддува происходит путем перепуска части отработавших газов мимо колеса турбины при превышении давления наддува определенного значения. Настройка регулятора на определенное давление производится регулированием длины тяги. Изменение длины тяги исполнительного механизма турбокомпрессора в процессе эксплуатации не допускается.

Подшипники турбокомпрессора смазываются и охлаждаются маслом, поступающим по трубопроводу от системы смазки двигателя.

## 2. Неисправности системы питания и воздухоподводящего тракта

**Неисправности системы питания.** На неисправность топливной аппаратуры указывают: затрудненный пуск двигателя и неустойчивая работа, повышенная дымность отработавших газов, пониженные мощность и экономичность.

*Затрудненный пуск двигателя* происходит из-за наличия воздуха или воды в топливе, засорения фильтров грубой и тонкой очистки топлива, поломки пружин плунжеров, нагнетательных клапанов и форсунок, заедания рейки топливного насоса или муфты регулятора, неисправности подкачивающего насоса.

*Снижение мощности двигателя* указывает на недостаточный ход рычага управления топливным насосом, неправильно установленного угла опережения впрыска топлива, засорения фильтра тонкой очистки топлива, закоксовывания отверстий распылителя форсунки, износа или залегания иглы, износа прецизионных пар топливного насоса, неравномерности подачи топлива в цилиндры, износа механизмов регулятора, засорения воздухоочистителя двигателя, снижения давления наддува из-за неисправности турбокомпрессора.

*Неустойчивая работа двигателя на холостом ходу* происходит из-за попадания воздуха в топливную систему, нарушения регулировки пружины холостого хода в топливном насосе, неисправности топливного насоса высокого давления.

*Причиной повышенной дымности на всех режимах работы* является неполное сгорание топлива из-за зависания иглы распылителя форсунки, плохое качество распыла топлива, слишком позднее впрыскивание топлива в цилиндры, чрезмерная подача топлива, а также недостаток воздуха при сильном засорении воздухоочистителя или неисправности турбокомпрессора.

По мере изнашивания деталей форсунки и снижения упругости пружины давление начала впрыскивания топлива уменьшается, а следствием этого являются увеличение объема впрыскиваемого топлива и угла начала впрыскивания, изменение мощности и экономичности. При значительном снижении давления впрыскивания топливо может подтекать из распылителя после посадки иглы в седло, что приводит к его закоксовыванию, ухудшению качества распыливания, зависанию иглы. Закоксовывание проходных сечений распылителей определяет изменение пропускной способности и неравномерность работы двигателя.

Работоспособность системы питания нарушается также при неисправности вспомогательных устройств – бака, топливопроводов и их соединений. Топливо может плохо подаваться 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 не подается в систему питания.

Пуск двигателя может быть затруднен из-за подсоса воздуха в систему питания, так как в каналах топливных фильтров и топливного насоса образуются воздушные пробки и топливо к форсункам поступает с перебоями или не поступает совсем.

Прекращение подачи топлива к топливному насосу высокого давления или подача его с перебоями и в недостаточном объеме наблюдается также при засорении топливопровода (попадание сора, ниток, клочков обтирочных материалов, применяемых при обслуживании трактора).

В зимнее время причиной прекращения подачи топлива может быть образование в топливопроводах и отстойниках фильтров ледяных пробок при заправке топлива с примесью воды.

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

**Неисправности воздухоподводящего тракта.** На рабочий процесс и скорость изнашивания деталей двигателя большое влияние оказывает состояние *системы очистки воздуха*, всасываемого в цилиндры. С увеличением наработки происходит накопление пыли в фильтрующих элементах, а также снижение уровня и ухудшение свойств масла в поддоне воздухоочистителя (при его наличии). В результате ухудшаются рабочие характеристики воздухоочистителя – коэффициент пропуска абразивных частиц различного размера и сопротивление, которые приводят к преждевременному износу деталей двигателя.

Повышение сопротивления снижает степень наполнения цилиндров воздухом и, следовательно, мощность и экономичность двигателя, а также вызывает увеличение разрежения во впускном коллекторе, что повышает опасность подсоса неочищенного воздуха через неплотности воздушного тракта.

Для своевременного обнаружения неисправностей в системе очистки и подачи воздуха контролируют герметичность системы, сопротивление воздухоочистителя и впускного тракта (по разрежению в нем) с помощью диагностических средств или штатных приборов.

*Нарушение работоспособности турбокомпрессора* происходит, чаще всего, по причине поступления в подшипниковый узел загрязненного масла или разжижения моторного масла топливом. Загрязнение масла может произойти из-за повреждения масляных фильтров, неисправности перепускного клапана масляного фильтра, попадания загрязнений в масло при техническом обслуживании двигателя, в процессе износа деталей двигателя, старения и деградации масла. Воздействие загрязненного масла приводит к быстрому износу деталей подшипникового узла турбокомпрессора.

Нагрев корпуса подшипников с турбинной стороны приводит к коксованию масла и коррозии подшипников. Закоксовывание ротора турбокомпрессора (отложение сажи) происходит также из-за горячего останова двигателя. Когда двигатель работает под нагрузкой турбокомпрессор работает в условиях высоких температур, а его ротор вращается с максимальной частотой. Если двигатель при этом остановить, то перестанет работать система смазки и ротор турбокомпрессора будет вращаться в условиях сухого трения. Работа турбокомпрессора в условиях недостаточной подачи масла приводит к усиленному износу трущихся поверхностей.

Недостаточная подача масла может быть вызвана также из-за ввода турбокомпрессора в работу без предварительного прогрева двигателя, сломанной или засоренной маслоподающей трубки, низкого давления моторного масла из-за неисправности системы смазки, использования герметиков, которые могут препятствовать нормальной подаче масла.

Механические повреждения турбинного колеса или колеса компрессора могут произойти в результате попадания постороннего предмета в корпус турбины или компрессора, а также касания ротором корпуса из-за износа распорной втулки. Попадание с всасываемым воздухом во впускной канал компрессора песка приводят к сошлифовыванию лопаток колеса компрессора, посторонние твердые предметы (отломившиеся части клапанов, поршневых колец) приводят к сбиванию лопаток колеса турбины или компрессора, а при попадании мягких предметов (элементы воздушного фильтра, кусочки резины) лопатки колеса компрессора гнутся. Эксплуатация турбокомпрессора с поврежденными лопастями строго запрещена, т. к. нарушается балансировка ротора, что влечет за собой сокращение срока его службы.

Чаще всего встречаются следующие проявления неисправностей, связанных с турбокомпрессором: двигатель не развивает полную мощность, черный дым из выхлопной трубы, синий дым из выхлопной трубы, повышенный расход масла, шумная работа турбокомпрессора.

### 3. Диагностирование топливной аппаратуры дизельного двигателя

#### 3.1. Проверка и регулировка установочного угла опережения подачи топлива

Наиболее эффективно сгорание топлива в цилиндрах двигателя происходит при впрыске его до прихода поршня в ВМТ. При затрудненном двигателе, дымном выпуске, при замене топливного насоса или его установке после проверки на стенде через 2000 часов наработки необходимо проверить угол опережения впрыска топлива.

Для определения момента начала впрыска используется моментоскоп (рис. 2), который состоит из стеклянной трубки 1, соединительной трубки 2 и отрезка трубки высокого давления 3.

Кроме моментоскопа можно использовать специальное контрольное приспособление (рис. 3), представляющее собой отрезок трубки высокого давления длиной 100...120 мм с гайкой на одном конце и вторым концом, отогнутым в сторону на 150...170°.

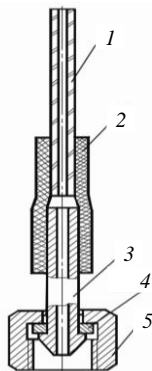


Рис. 2. Моментоскоп: 1 – стеклянная трубка; 2 – резиновая переходная трубка; 3 – отрезок трубки высокого давления; 4 – шайба; 5 – гайка

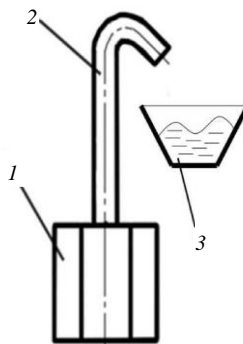


Рис. 3. Контрольное приспособление:  
1 – гайка; 2 – трубка высокого давления;  
3 – емкость

Проверка угла опережения впрыска топлива. проводится в следующем порядке. Поршень первого цилиндра устанавливают на такте сжатия за 40...50° до ВМТ. Переводят рычаг управления регулятором на максимальную подачу топлива, отсоединяют трубку высокого давления

от штуцера первой секции топливного насоса и вместо нее подсоединяют моментоскоп или контрольное приспособление.

*При использовании моментоскопа* проворачивают коленчатый вал ключом по часовой стрелке до появления из стеклянной трубки моментоскопа топлива без пузырьков воздуха, затем удаляют часть топлива из стеклянной трубки, встряхнув ее.

Поворачивают коленчатый вал в обратную сторону (против часовой стрелки) на  $30...40^\circ$ , затем медленно вращая его по часовой стрелке, следят за уровнем топлива в трубке и в момент начала подъема топлива прекращают вращение коленчатого вала.

*При использовании контрольного приспособления* заполняют топливный насос топливом, удаляют воздух из системы низкого давления и создают давление насосом ручной подкачки до появления сплошной струи топлива из трубки контрольного приспособления. Медленно вращая коленчатый вал двигателя по часовой стрелке и поддерживая подкачивающим насосом избыточное давление, следят за истечением топлива из контрольного приспособления. В момент прекращения истечения топлива (допускается каплепадение до 1 капли за 10 секунд) вращение вала прекращают.

Далее у двигателей Д-243, Д-245 выворачивают фиксатор (рис. 4) из резьбового отверстия заднего листа двигателя и вставляют его обратной стороной в то же отверстие до упора в маховик, при этом фиксатор должен совпадать с отверстием в маховике, т.е. поршень первого цилиндра установлен в положение, соответствующее установочному углу опережения впрыска топлива (табл. 1).

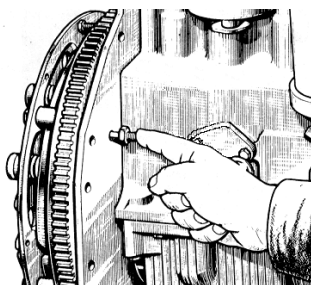


Рис. 4. Место установки фиксатора двигателей Д-243 и Д-245

У двигателя Д-260 определяют положение указателя установочного штифта 3, закрепленного на крышке привода механизма газораспределения 1 (рис. 5).

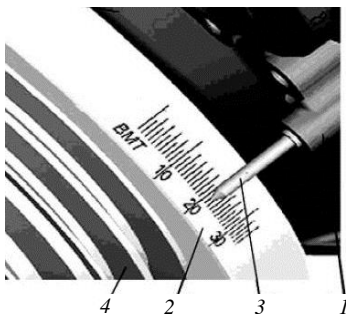


Рис. 5. Установка угла опережения впрыска топлива двигателя Д-260:  
 1 – крышка привода механизма газораспределения; 2 – шкала;  
 3 – штифт установочный; 4 – шкив

Если он находится в диапазоне делений на шкале, нанесенной на корпусе гасителя крутильных колебаний, соответствующем табл. 1, то установочный угол опережения впрыска топлива установлен правильно, т.е. поршень первого цилиндра установлен в положение, соответствующее, например, для двигателя Д-260.1 углу опережения впрыска  $19...21^\circ$  или  $21...23^\circ$  до ВМТ в зависимости от применяемого топливного насоса.

Таблица 1. Установочные углы опережения впрыска топлива

Марка двигателя	Марка топливного насоса	Угол опережения впрыска, град
Д-243; Д-243.1	4УТНИ-1111007 (АО «НЗТА», РФ)	20±1
	PP4M10P1f («MOTORPAL», Чехия)	
Д-243С	4УТНИ-1111007 (АО «НЗТА», РФ)	18±1
	772.1111005 (ОАО «ЯЗДА», РФ)	16±1
	PP4M10P1f («MOTORPAL», Чехия)	16±1
Д-243С2	4УТНИ-1111007 (АО «НЗТА», РФ)	11±1
	PP4M10P1f («MOTORPAL», Чехия)	14±1
	4 PL 318Q (Китай)	11±1
Д-245; Д-245.2	4УТНИ-Т-1111005; 4УТНИ-Т-1111007 (АО «НЗТА», РФ)	20±1
Д-245.5	4УТНИ-Т-1111007 (АО «НЗТА», РФ)	18±1
Д-245С	4УТНИ-Т-1111007 (АО «НЗТА», РФ)	15±1
	773.1111005 (ОАО «ЯЗДА», РФ)	12±1
	PP4M10P1f («MOTORPAL», Чехия)	13±1
Д-245.5С	4УТНИ-Т-11110007 (АО «НЗТА», РФ)	11±1
	773.1111005 (ОАО «ЯЗДА», РФ)	8±1
	PP4M10U1f («MOTORPAL», Чехия)	13±1
Д-245С2; Д-245.2С2	773.1111005-Г (ОАО «ЯЗДА», РФ)	3,5±0,5
	PP4M10P1i («MOTORPAL», Чехия)	
Д-245.5С2;	773.1111005-40 (ОАО «ЯЗДА», РФ)	4,0±0,5
	PP4M10P1i («MOTORPAL», Чехия)	

Д-260.1; Д-260.2; Д-260.4; Д-260.7; Д-260.9	мод. 363 (ОАО «ЯЗДА», РФ)	20±1
	PP6M10P1f (АО «Моторпал», Чехия)	22±1
Д-260.1С; Д-260.2С	363.1111005-40 (ОАО «ЯЗДА», РФ)	15±1
	PP6M10P1f (АО «Моторпал», Чехия)	16±1
Д-260.4С	363.1111005-40 (ОАО «ЯЗДА», РФ)	17±1
	PP6M10P1f (АО «Моторпал», Чехия)	18±1
Д-260.7С	PP6M10P1f (АО «Моторпал», Чехия)	12±1
Д-260.9С	363.1111005-40 (ОАО «ЯЗДА», РФ)	16±1
Д-260.1С2; Д-260.2С2; Д-260.4С2	363.1111005-40Т (ОАО «ЯЗДА», РФ)	6,0±0,5
	PP6M10P1i (АО «Моторпал», Чехия)	
Д-260.8С2	PP6M10P1i (АО «Моторпал», Чехия)	4,0±0,5
Д-260.9С2	PP6M10P1i (АО «Моторпал», Чехия)	6,0±0,5

Если фиксатор не совпадает с отверстием в маховике или указатель не находится в указанных диапазонах, производят регулировку угла опережения впрыска топлива.

### **3.2. Проверка состояния подкачивающего насоса, фильтра тонкой очистки топлива и перепускного клапана**

Перед проверкой необходимо очистить топливный насос, корпус фильтров тонкой очистки топлива и топливопроводы, идущие от фильтра тонкой очистки до топливного насоса высокого давления и топливоподкачивающего насоса.

Необходимое давление в каналах низкого давления ТНВД, равное 0,12...0,19 МПа обеспечивается перепускным клапаном. Избыточное топливо, подаваемое топливоподкачивающим насосом, через перепускной клапан поступает на слив в бак.

При неработающем двигателе перепускной клапан обеспечивает герметичность полости низкого давления ТНВД, что является необходимым условием для надежного запуска двигателя.

Топливоподкачивающий насос необходимо проверять при обслуживании топливного насоса высокого давления на регулировочном стенде через 2000 часов наработки. Для проверки герметичности топливоподкачивающего насоса во всасывающую трубку подают воздух под давлением 0,4 МПа. При перекрытой нагнетательной трубке не допускается утечки воздуха в течение трех минут.

Также проверяется производительность топливоподкачивающего насоса и развиваемое им давление при частоте вращения кулачкового вала ТНВД 1000 мин<sup>-1</sup> (частоте вращения коленчатого вала 2000 мин<sup>-1</sup>).

Производительность топливоподкачивающего насоса должна быть не менее 2,1 л/мин. Максимальное давление при полностью перекры-

той нагнетательной трубке должно быть не менее 0,4 МПа, а разрежение, при полностью перекрытой всасывающей трубке, не менее 0,052 МПа.

При невыполнении этих требований необходимо полностью разобрать топливоподкачивающий насос, заменить износившиеся или вышедшие из строя детали, притереть или заменить клапаны.

Для проверки состояния подкачивающего насоса, перепускного клапана и фильтра тонкой очистки топлива на двигателе применяют приспособление КИ-4801 (КИ-28140). Оно состоит из манометра, корпуса с клапаном для удаления воздуха из каналов, трехходового крана и двух шлангов (рис. 6). Для присоединения приспособления к системе топливоподдачи применяются удлиненные штуцеры.

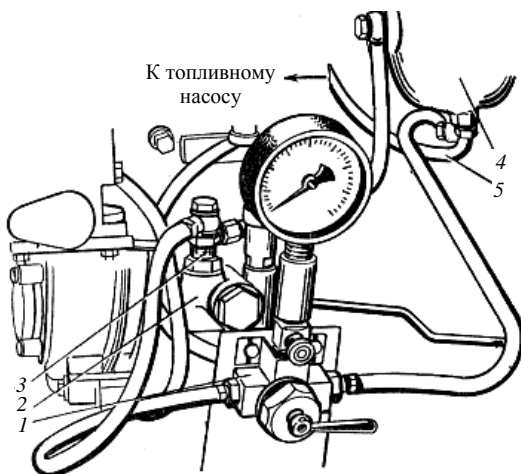


Рис. 6. Диагностирование системы топливоподдачи низкого давления: 1 – приспособление КИ-4801; 2 – топливоподкачивающий насос; 3 – штуцер; 4 – фильтр тонкой очистки топлива; 5 – трубка отвода топлива от фильтра

При проверке один шланг подсоединяется к нагнетательной магистрали подкачивающего насоса перед фильтром тонкой очистки, а другой крепится между фильтром и топливным насосом.

Прокачивают систему топливоподдачи, удалив из нее воздух, запускают двигатель и устанавливают номинальную частоту вращения коленчатого вала двигателя при холостой работе.

Переводят ручку трехходового крана на измерение давления до фильтра тонкой очистки топлива, затем – на измерение давления после

фильтра. По полученным данным оценивают состояние подкачивающего насоса и фильтрующих элементов.

Если давление топлива до фильтра снизилось до предельного значения (0,07 МПа), то неисправен подкачивающий насос: завис или засорился перепускной или нагнетательный клапан, деформировалась пружина поршня, износилось сопряжение поршень-цилиндр.

Если давление после фильтра тонкой очистки снизилось до предельного значения (0,04 МПа), значит, засорился фильтр или неисправен перепускной клапан ТНВД. Для проверки перепускного клапана ручку трехходового крана переводят на измерение давления непосредственно в головке топливного насоса, минуя фильтр тонкой очистки топлива.

Давление открытия перепускного клапана топливного насоса должно быть не менее 0,12...0,19 МПа. Если оно меньше, необходимо устранить неисправность (засорен клапан, деформировалась пружина, износилось седло клапана).

Если давление топлива до и после фильтра тонкой очистки топлива не изменяется или имеет малый перепад, то возможно повреждение фильтра (разрыв, отклеивание доньшка). Также следует проверить состояние уплотнений фильтрующих элементов.

### **3.3. Контроль состояния плунжерных пар и нагнетательных клапанов топливного насоса высокого давления**

Для проверки технического состояния прецизионных пар топливного насоса применяется приспособление КИ-4802. Оно состоит из корпуса 1, манометра 2 и предохранительного клапана, расположенного в рукоятке 4. Предохранительный клапан прижимается к седлу пружиной, затяжку которой регулируют винтом, ввернутым в рукоятку (рис. 7). Клапан регулируют на давление начала открытия 30...32 МПа.

Износ плунжерной пары проверяют по давлению, развиваемому ею при пусковой частоте вращения коленчатого вала.

Для этого топливопровод приспособления присоединяют к штуцеру высокого давления проверяемой секции и, прокручивая коленчатый вал стартером, плавно включают подачу топлива, наблюдая за положением стрелки манометра.

При возникновении колебаний стрелки выключают подачу топлива и снова плавно включают ее, повышая давление до 30 МПа. Если давление окажется менее 30 МПа, плунжерные пары требуют замены.

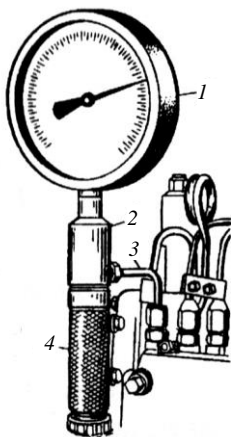


Рис. 7. Диагностирование топливного насоса высокого давления: 1 – манометр; 2 – корпус; 3 – топливопровод; 4 – предохранительный клапан

Для проверки плотности прилегания нагнетательного клапана к седлу прекращают прокручивать коленчатый вал, выключают подачу топлива и, наблюдая за перемещением стрелки манометра, измеряют время падения давления от 15 до 10 МПа. Если время падения давления окажется менее 10 с, нагнетательный клапан заменяют.

### 3.4. Проверка форсунок без снятия с двигателя

Для проверки давления начала впрыскивания топлива отсоединяют топливопровод высокого давления от секции топливного насоса или от форсунки (в зависимости от удобства размещения приспособления). Приспособление КИ-16301А (механотестер) присоединяют к форсунке: в первом случае – к штатному топливопроводу (через переходник), а во втором – непосредственно к форсунке.

Приспособление КИ-16301А (механотестер) представляет собой ручной насос высокого давления, в корпусе которого расположена плунжерная пара, нагнетательный клапан и пружина. К корпусу насоса присоединены топливопровод высокого давления 4 и резервуар 2 для топлива. Привода плунжера осуществляется ручкой 1, а давление впрыскивания контролируется по манометру 3 (рис. 8).

Рычагом приспособления делают 35...40 качков в минуту и по максимальному отклонению стрелки манометра определяют давление начала подъема иглы распылителя. Если давление начала впрыскива-

ния топлива отличается от значений, приведенных в табл. 2, более чем на 0,5 МПа, регулируют форсунку, не снимая с двигателя.

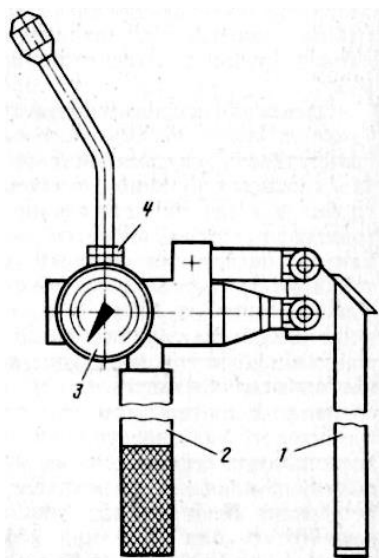


Рис. 8. Приспособление КИ-16301А (механотестер) для проверки форсунок:  
1 – рычаг; 2 – рукоятка-топливный бак;  
3 – манометр; 4 – топливопровод

Таблица 2. Давление начала впрыскивания топлива форсунками

№ п.п.	Наименование форсунки	Давление начала впрыскивания, МПа
1.	172.1112010-11.01; 172.1112010-11.02 (ЗАО «АЗПИ», РФ)	23,5...24,7*
2.	174.1112010-01; 174.1112010-02 (ЗАО «АЗПИ», РФ)	22,0...23,2
3.	VA70P360-2994; VA70P360-2995 («MOTORPAL», Чехия)	25,4...26,2
4.	VA70P360-2997 («MOTORPAL», Чехия)	22,4...23,2
5.	455.1112010-50 (ОАО «ЯЗДА», РФ)	24,5...25,7
6.	WNAP 455-50 («PZL», Польша)	24,5...25,7

\* Форсунки 172.1112010-11.01, устанавливаемые на двигатель Д-245 и его модификации, регулируются на давление начала впрыскивания 25,0...26,2 МПа.

В зависимости от конструкции форсунки, давление начала впрыскивания регулируется регулировочным винтом или изменением общей толщины регулировочных шайб. Увеличение общей толщины регулировочных шайб (увеличение сжатия пружины) повышает давление, уменьшение – понижает.

Изменение толщины шайб на 0,1 мм приводит к изменению давления начала подъема иглы форсунки на 1,3...1,5 МПа.

**Для проверки герметичности распылителя** создают давление на 1,0...2,0 МПа меньше номинального давления начала впрыскивания топлива форсункой и замеряют скорость падения давления. Если за 20 с давление снизится более чем на 1,5 МПа, форсунки следует снять, разобрать, очистить распылитель от нагара и лаковых отложений и проверить работоспособность форсунки на стенде. При необходимости заменить распылитель.

**Для проверки качества распыливания** топлива нагнетают топливо рычагом со скоростью 70...80 качков в минуту, приставляют наконечник автостетоскопа к корпусу форсунки и слушают звук впрыскивания. Впрыскивание должно сопровождаться четким, хорошо прослушиваемым прерывистым звуком.

Если звук впрыскивания прослушивается слабо и не имеет ярко выраженного оттенка, характерного для исправного распылителя, форсунку необходимо снять, разобрать и очистить распылитель от отложений и снова проверить ее работоспособность.

#### **4. Диагностирование турбокомпрессора**

В процессе эксплуатации разборка и ремонт турбокомпрессора не допускаются и возможен только в условиях специализированного предприятия. Изменение длины тяги исполнительного механизма регулируемого турбокомпрессора в процессе эксплуатации также не допускается.

Надежная и долговечная работа турбокомпрессора зависит от соблюдения правил и периодичности технического обслуживания системы смазки и воздухоочистки двигателя, использовании типа масла, рекомендуемого заводом-изготовителем, контроля давления масла в системе смазки, очистки и замены масляных и воздушных фильтров.

При запуске двигателя не следует увеличивать частоту вращения коленчатого вала двигателя более 800...1000 мин<sup>-1</sup> до достижения стабильного давления в системе смазки. Также не следует давать полную нагрузку двигателю до достижения рабочей температуры масла.

Повышение частоты вращения двигателя и увеличение его нагрузки приводят к увеличению частоты вращения ротора турбокомпрессора, что при недостаточной смазке может привести к перегреву, повреждению и задиру подшипников ротора.

Перед пуском двигателя после длительной стоянки (более 30 суток) рекомендуется налить 40 г моторного масла во входной фланец корпуса подшипников (маслоподводящее отверстие).

Перед остановкой двигателя следует дать ему поработать в течение 3-5 мин. сначала на средней, а затем на минимальной частоте холостого хода для снижения температуры охлаждающей жидкости и масла. Несоблюдение этих указаний приведет к выходу из строя турбокомпрессора.

Поврежденные трубопроводы подачи и слива масла, а также воздухопроводы подсоединения к турбокомпрессору должны немедленно заменяться. При замене турбокомпрессора необходимо залить в маслоподводящее отверстие чистое моторное масло по уровень фланца, а при установке прокладок под фланцы трубопроводов запрещено применять герметики.

#### **Порядок диагностики турбокомпрессора.**

*Отсоединить и осмотреть патрубки*, соединяющие турбокомпрессор с воздухоподводящим трактом двигателя. Патрубки должны быть сухими или с незначительными следами отпотевания масла. Наличие масла в патрубках и повышенный расход масла в двигателе указывает на неисправность турбокомпрессора или износ двигателя.

Не допускается проверка выброса масла из турбокомпрессора на работающем двигателе при отсоединенном напорном патрубке от воздушного коллектора двигателя. Уплотнение ротора разрезными кольцами надежно работает, только если давление в полости корпуса подшипников меньше или равно давлению перед ним.

Давление в полости корпуса подшипников турбокомпрессора всегда выше атмосферного, т. к. она соединена через сливной патрубок с картерной полостью двигателя и подвержена воздействию картерных газов. Давление на выходе компрессора при работе на двигателе всегда выше давления картерных газов, что обеспечивает подпор уплотнения ротора со стороны компрессора.

*Осмотреть лопатки*. Они должны быть без зазубрин и забоин, не погнутые, правильной формы, с небольшим зазором повторяя проточную часть холодной улитки. При повреждении лопаток, турбокомпрессор подлежит замене.

*Определить осевой и радиальный люфт ротора*, подвигав его в осевом и радиальном направлении. Осевой люфт не должен превышать 0,05 мм и не должен чувствоваться от усилия руки. Радиальный люфт не должен превышать 1,0 мм. При этом в крайнем радиальном положении при проворачивании ротора, его лопатки не должны задевать за корпус

турбокомпрессора. При увеличенном люфте или задевании лопаток за корпус, турбокомпрессор подлежит замене.

*Осмотреть патрубки, фланцы, корпус подшипников, корпус турбины и компрессора на наличие трещин.* При наличии трещин турбокомпрессор подлежит замене.

**Время выбега ротора турбокомпрессора** измеряют по времени звучания вращения ротора, прослушиваемого у обреза выхлопной трубы, зафиксировав начало отсчета с момента остановки коленчатого вала двигателя. Время выбега ротора турбокомпрессора должно быть не менее 8 с. Если время выбега ротора меньше допустимых величин, то турбокомпрессор требует замены.

**Для измерения давления наддувочного воздуха** вывертывают пробку из резьбового отверстия в нагнетательном коллекторе турбокомпрессора и ввертывают вместо нее штуцер манометра (приспособления КИ-28095 или КИ-28204). Запускают двигатель и фиксируют по манометру значение давления наддува при номинальной частоте вращения коленчатого вала (0,05...0,8 МПа для двигателей Д-245 и Д-260). При снижении давления подтягивают гайки крепления корпуса компрессора к впускной трубе. Если после этого давление не увеличится, то турбокомпрессор ремонтируют или заменяют.

## 5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить и законспектировать неисправности системы питания и воздухоподводящего тракта двигателя.

2. Изучить и законспектировать порядок диагностирования системы питания и воздухоподводящего тракта двигателя.

3. Выполнить проверку установочного угла опережения подачи топлива.

4. Выполнить проверку состояния подкачивающего насоса, фильтра тонкой очистки топлива и перепускного клапана.

5. Выполнить контроль состояния плунжерных пар и нагнетательных клапанов топливного насоса высокого давления.

6. Выполнить проверку форсунок без снятия с двигателя.

7. Выполнить проверку герметичности соединений воздухоподводящего тракта двигателя.

8. Выполнить проверку технического состояния турбокомпрессора.

9. Внести значения измеряемых и нормативных данных в протокол диагностирования (табл. 3). Проанализировать полученные данные и

сделать заключение о техническом состоянии элементов системы питания и воздухоподводящего тракта двигателя.

Таблица 3. **Протокол диагностирования системы питания и воздухоподводящего тракта двигателя**

Трактор \_\_\_\_\_  
Двигатель \_\_\_\_\_

Год выпуска \_\_\_\_\_  
Наработка, часов \_\_\_\_\_

Показатели	Значения						по техническим требованиям
	по результатам проверки						
	номер секции ТНВД (форсунки)						
	1	2	3	4	5	6	
1. Давление, развиваемое секцией ТНВД, МПа							
2. Плотность прилегания нагнетательного клапана, с							
3. Давление впрыска форсунки, МПа							
4. Качество распыла топлива							
5. Состояние узлов системы питания (по результатам наружного осмотра)							
6. Угол опережения подачи топлива, град							
7. Давление, развиваемое подкачивающим насосом, МПа							
8. Давление топлива за фильтром тонкой очистки, МПа							
9. Герметичность воздухоподводящего тракта							
10. Люфт ротора турбокомпрессора (осевой / радиальный), мм							
11. Время выбега ротора турбокомпрессора, с							
12. Давление наддувочного воздуха, МПа							
13. Давление в системе смазки турбокомпрессора, МПа (кг/см <sup>2</sup> )							

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких элементов состоит система питания и воздухоподводящий тракт дизельных двигателей?
2. Укажите неисправности системы питания.
3. Укажите неисправности воздухоподводящего тракта.
4. Каков порядок оценки состояния системы питания?
5. Как проверяется угол опережения впрыска топлива с применением моментоскопа?

6. Как проверяется угол опережения впрыска топлива с применением контрольного приспособления?

7. Как проверяется состояние подкачивающего насоса, фильтра тонкой очистки топлива и перепускного клапана? Укажите значения диагностических параметров.

8. Как проверяется состояние плунжерных пар и нагнетательных клапанов топливного насоса высокого давления? Укажите значения диагностических параметров.

9. Как проверяются и регулируются форсунки без снятия с двигателя? Укажите значения диагностических параметров.

10. Какие требования необходимо выполнять при эксплуатации турбокомпрессора?

11. Как проверяется состояние турбокомпрессора? Укажите значения диагностических параметров.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А. Д. Ананьин [и др.]. – Москва: Академия, 2008. – 429 с.

2. Техническое обслуживание и ремонт тракторов: учеб. Пособие / Е. А. Пучин [и др.]; под ред. Е. А. Пучина. – 4-е изд., стер. – Москва: Академия, 2008. – 207 с.

3. Диагностирование тракторов: учеб. пособие / В. И. Присс. [и др.]; под ред. В. И. Присса. – Минск: Ураджай, 1993. – 240 с.

4. Бельских Н. П. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов. – 3-е изд., перераб. И доп. – Москва: Россельхозиздат, 1986. – 399 с.

5. Руководства по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belarus-tractor.com/service/operation-manual/>. – Дата доступа: 18.01.2021.

## **Лабораторная работа № 6.** **Ресурсное диагностирование трансмиссии и ходовой части**

### **1. Диагностирование элементов трансмиссии**

Основными причинами появления неисправностей механизмов трансмиссии (коробок передач, конечных передач и ведущих мостов) являются: разрегулирование их, негерметичность картеров, нарушение режимов смазывания (периодичности замены, сортов применяемых масел), а также износ и увеличение зазоров соединений, предопределяющих существенное возрастание ударных нагрузок в зубчатых передачах и подшипниках.

Неисправности коробки передач тракторов «Беларус» можно разделить на три типа: механические, гидравлические и электрические.

К механическим неисправностям относятся: износ шлицевого соединения раздаточной шестерни и первичного вала корпуса муфты сцепления; разрушение соединительной втулки между коробкой передач и задним мостом; выход из строя фрикционной муфты; износ или разрушение подшипников и других деталей; износ щек вилки или муфты.

К гидравлическим неисправностям относятся: выход из строя шестеренного насоса гидросистемы трансмиссии; утечки масла в магистрали подвода к фрикционной муфте.

К электрическим неисправностям относятся: короткое замыкание или обрыв в цепи электромагнита распределителей передач; несрабатывание датчиков давления, установленных на выходе распределителей передач.

Внешними признаками неисправности коробки передач являются затрудненное включение передач, самопроизвольное выключение их, подтекание масла из коробки передач. Признаками изнашивания зубьев зубчатых передач, шлицов валов и зубчатых колес являются шум и вибрация в результате роста ударных нагрузок в трансмиссии при колебании тягового усилия трактора.

В процессе эксплуатации тракторов необходимо следить за герметичностью гидросистемы коробки передач. Важным условием бесперебойной работы гидросистемы является очистка и промывка сетчатого фильтра, центробежного маслоочистителя. Очищают и промывают сетчатый и центробежный фильтры через 250 ч наработки. При ТО-3

фильтры разбирают и очищают. Одновременно промывают заливной и заборный фильтры.

Диагностирование гидропривода коробок передач тракторов проводят с помощью прибора КИ-24038. В процессе диагностирования проверяют давление открытия перепускного клапана, подачу насоса и суммарные утечки в распределителе и фрикционе.

При износе деталей механизма блокировки переключение передач затруднено и возможно их самовыключение. Поэтому во время ТО после регулировки главного сцепления регулируют и механизм блокировки изменением длины тяги. В коробках передач с шестернями непостоянного зацепления изнашиваются торцы зубьев переключаемых шестерен. Признаком этого дефекта могут служить шум и затрудненное переключение передач, остающиеся после регулировки сцепления и механизма блокировки. В этом случае необходимо вскрыть коробку и осмотреть состояние шестерен.

В главной передаче тракторов вследствие износа деталей увеличиваются зазоры в зацеплении шестерен, в шлицевых соединениях и в подшипниках. Обобщающий диагностический параметр трансмиссии – суммарный угловой зазор. При ТО-3 диагностирование трансмиссии начинают с измерения суммарного углового зазора с помощью угломера КИ-13909 (рис. 2.35).

Для измерения зазора приподнимают ведущее колесо трактора до отрыва его от земли с помощью домкрата, воздействуя на кожух одной из полуосей колесного трактора.

Угломер с магнитом устанавливают на торце полуоси трактора. Затормозив борт, соответствующий проверяемой конечной передаче, поворачивают ведущее колесо в одну сторону и устанавливают пузырек воздуха в ампуле угломера на нуль (поворотом корпуса).

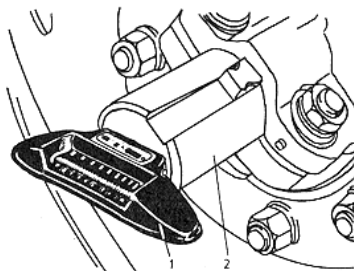


Рис. 1. Измерение суммарного углового зазора в трансмиссии:  
1 – угломер КИ-13909; 2 – полуось заднего колеса трактора

Поворачивают колесо в обратном направлении и по показанию угломера определяют величину углового зазора. Аналогично определяют угловой зазор в другой конечной передаче.

Растормаживают трактор, включают одну из передач и измеряют суммарный угловой зазор в кинематической цепи всей силовой передачи. Максимальный момент прокручивания колеса в ту или иную сторону (при полностью выбранном зазоре) должен быть равен 100...120 Н · м.

Если угловой зазор превышает допускаемую величину хотя бы на одной из передач, необходимо вскрыть коробку передач и задний мост, осмотреть шестерни, проверить состояние зубьев шестерен, осевой зазор в подшипниках с помощью приспособления КИ-4850.

Шариковые подшипники требуют замены при осевом зазоре более 0,3 мм. Роликовые конические подшипники при зазоре более 0,3 мм регулируют.

## **2. Неисправности ходовой системы и рулевого управления**

**Неисправности ходовой системы.** О возникновении неисправности ходовой системы свидетельствуют различные косвенные признаки: отклонение от прямолинейного движения (увод в сторону), колебания (раскачивание) при поворотах и торможении, вибрация при движении, повышенный или неравномерный износ шин (прил. 1).

Внешними признаками неисправностей ходовой системы являются:

- неправильный предельный угол поворота колес;
- стук в шкворне при движении из-за нарушения регулировки подшипников шкворней;
- стук в переднем ведущем мосте при резком повороте колес из-за увеличенных люфтов в пальцах рулевой тяги и гидроцилиндров поворота;
- угловые колебания колес из-за увеличенных зазоров в подшипниках шкворней колесного редуктора, передних колес, гидроцилиндров гидрообъемного рулевого управления (ГОРУ);
- повышенный износ и расслоение шин передних колес из-за нарушения сходимости колес, несоответствия давления воздуха в шинах рекомендуемым нормам или постоянно включенного принудительно переднего моста.

**Неисправности рулевого управления.** О неисправности рулевого управления свидетельствуют следующие признаки (прил. 2 и 3): уве-

личный люфт рулевого колеса, большое усилие на рулевом колесе, рулевое колесо вращается без поворота колес или колеса поворачиваются в противоположную сторону, рулевое колесо не возвращается в нейтральное положение, «моторение» насоса-дозатора (рулевое колесо продолжает вращаться после поворота), сильные удары на рулевом колесе, требуется постоянная корректировка рулевого колеса (трактор не держит дорогу), колебания управляемых колес при движении.

Большое усилие на рулевом колесе наблюдается по причине отсутствия или низкого давления масла в гидросистеме руля из-за неисправности насоса питания или зависания предохранительного клапана насоса-дозатора.

Причиной большого усилия может быть также подклинивание в механических элементах рулевой колонки.

Если рулевое колесо вращается без поворота управляемых колес, то это указывает на отсутствие масла в баке, износ уплотнений поршня гидроцилиндра или неправильную регулировку предохранительного клапана, когда он срабатывает при более высоком давлении, чем противоударные клапаны.

Если при вращении рулевого колеса управляемые колеса поворачиваются в противоположную сторону, это указывает на неправильное подсоединение рукавов высокого давления к рулевому гидроцилиндру или насосу-дозатору во время ремонта.

Слишком медленное и тяжелое управление при быстром вращении рулевого колеса может быть вызвано неисправностью насоса питания, или зависанием предохранительного клапана насоса-дозатора в открытом положении из-за грязи, или низким давлением его срабатывания.

Рулевое колесо не возвращается в нейтральное положение или наблюдаются сильные удары на рулевом колесе при подклинивании в рулевой колонке или несоосной установке шлицевого хвостовика рулевой колонки и насоса-дозатора (например, из-за распура карданного вала).

«Моторение» насоса-дозатора происходит из-за схватывания гильзы с золотником (возможно из-за грязи), поломки или потери упругости возвратных пружин золотника.

Постоянная корректировка положения рулевого колеса требуется при поломке или потере упругости возвратных пружин золотника или противоударных клапанов, износе героторной пары насоса-дозатора или уплотнений поршня цилиндра.

Увеличенный люфт рулевого колеса возникает при ослаблении конусных пальцев гидроцилиндра или рулевых тяг, износе карданного вала рулевой колонки, поломке или потере упругости возвратных пружин золотника.

Колебания управляемых колес при движении возникают из-за увеличенного люфта пальцев шарниров рулевых тяг и гидроцилиндра, износе механических соединений рулевого механизма или подшипников ведущих колес, а также при попадании воздуха в гидросистему.

### 3. Диагностирование элементов ходовой системы

**Радиальный зазор в сопряжении втулка – поворотная цапфа** проверяется в следующей последовательности. Затормаживают задние колеса и стопорят педали тормозов. Домкратом поднимают переднюю ось до момента отрыва колес от земли.

Устанавливают приспособление КИ-4850 на передней оси трактора, как показано на рис. 2, совмещают ножку индикатора с осью вращения колеса, подводят шток к торцу полуоси с натягом 2–3 мм, затем перемещают колесо руками в осевом направлении, фиксируя показания индикатора.

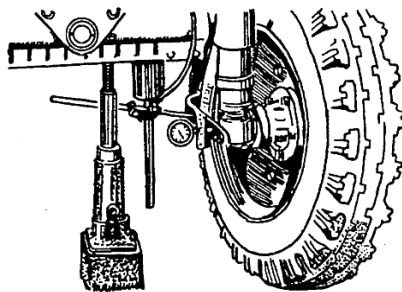


Рис. 2. Проверка зазоров в сопряжениях поворотных цапф

Допускаемый зазор в сопряжении поворотная цапфа – втулка 0,4 мм. При превышении допускаемого зазора необходимо заменить втулки поворотных цапф.

**Для определения осевого зазора в подшипниках переднего колеса** снимают крышку ступицы, устанавливают приспособление на диске колеса (рис. 3) и подводят шток приспособления к торцу цапфы. Перемещая колесо в осевом направлении руками, определяют по показанию индикатора осевое перемещение колеса.

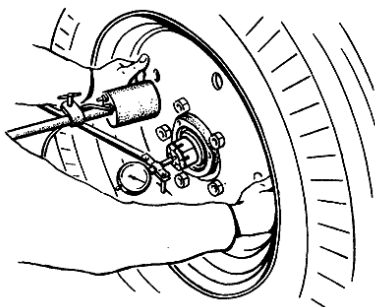


Рис. 3. Проверка осевого зазора в подшипниках переднего колеса

Допускаемый зазор в подшипниках переднего колеса 0,5 мм, при превышении допускаемого зазора следует регулировать подшипники передних колес.

Для регулировки подшипников затормаживают задние колеса и стопорят педали тормозов или подкладывают под колеса колодки. Поднимают домкратом поочередно правую и левую стороны передней оси настолько, чтобы колесо не касалось пола.

На тракторах без переднего ведущего моста снимают крышку ступицы, расшплинтовывают корончатую гайку и затягивают ее при одновременном поворачивании колеса за обод до тех пор, пока сопротивление вращению заметно повысится. Затем отворачивают гайку до совпадения ближайшей прорези на ней с отверстием под шплинт в полуоси, при этом колесо должно свободно вращаться. По окончании регулирования необходимо зашплинтовать гайку, добавить смазку в ступицу и установить колпак.

На тракторах с ведущим передним мостом конические роликовые подшипники 2 фланца 3 регулируются с помощью гайки 1. Гайку необходимо затянуть так, чтобы выбрать зазор, и завернуть ее в двух прорезях фланца 3 (рис. 4).

Правильность регулирования подшипников можно проверить по нагреву ступиц колес в работе. Ощутимый нагрев после 8–10 км пробега указывает на то, что подшипники чрезмерно затянуты и гайку следует отпустить на одну прорезь.

**Зазор в подшипниках ведущей шестерни колесного редуктора переднего ведущего моста** должен быть не более 0,05 мм. Регулировка производится с помощью разрезных регулировочных прокладок, установленных между стаканом и корпусом.

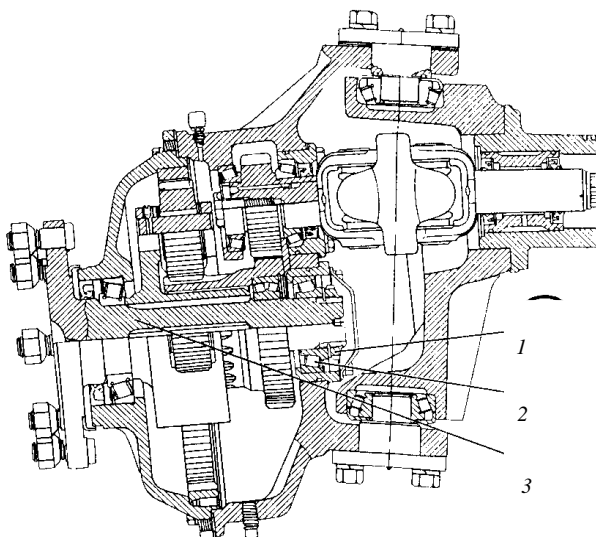


Рис. 6. Проверка зазоров в подшипниках передних колес:  
1 – гайка; 2 – подшипники; 3 – фланец

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Неисправности трансмиссии и ходовой системы, их причины.
2. Порядок проверки трансмиссии и ходовой системы.
3. Результаты проверок записать в отчет (табл.).
4. Анализ полученных данных и заключение об общем техническом состоянии ходовой системы и рулевого управления.

Таблица. Результаты проверки ходовой системы и рулевого управления

Объект проверки	Значения показателей		
	допустимые	при замере	после регулировки
1. Суммарный угловой зазор в трансмиссии, град			
2. Усилие поворота колесного редуктора, Н (левого/правого)			
3. Зазор в сопряжениях поворотных цапф, мм (левой/правой)			
4. Осевой зазор в подшипниках переднего колеса, мм (левого/правого)			
5. Усилие на рулевом колесе, Н			

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите неисправности трансмиссии и их внешние признаки.
2. Укажите неисправности ходовой системы и их внешние признаки.
3. Как проверить осевой натяг в конических подшипниках шкворня?
4. Как проверить радиальный осевой зазор в сопряжении втулка – поворотная цапфа?
5. Как проверить осевой зазор в подшипниках переднего колеса?
6. Как проверить люфт в шарнирах рулевой тяги?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А. Д. Ананьин [и др.]. – Москва: Академия, 2008. – 429 с.
2. Техническое обслуживание и ремонт тракторов: учеб. пособие / Е. А. Пучин [и др.]; под ред. Е. А. Пучина. – 4-е изд., стер. – Москва: Академия, 2008. – 207 с.
3. Бельских, Н. П. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов / Н. П. Бельских. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Россельхозиздат, 1986. – 399 с.
4. Тракторы «БЕЛАРУС 80.1/82.1/820»: руководство по эксплуатации / под ред. А. Г. Стасилевича. – Минск: РУП «Минский тракторный завод», 2015. – 382 с.

## **Лабораторная работа № 7.** **Ресурсное диагностирование электрооборудования**

На тракторах и автомобилях устанавливается электрооборудование постоянного тока с номинальным напряжением бортовой сети 12 В. Электрооборудование включает источники электроэнергии, средства пуска двигателя, контрольно-измерительные приборы, приборы освещения, световой и звуковой сигнализации, коммутационную аппаратуру и вспомогательное оборудование.

Источниками электроэнергии являются, аккумуляторные батареи (АКБ) напряжением 12 В и генератор переменного тока с номинальным напряжением 14 В. На тракторах используются две аккумуляторные батареи, соединенные параллельно.

Система запуска двигателя состоит из электростартера с дистанционным включением напряжением 12 В для автомобилей или 24 В для трактора (от двух батарей напряжением 12 В каждая).

Приборы электрооборудования соединены по однопроводной схеме, функцию второго провода выполняют металлические части автомобиля или трактора («масса»), с которой соединены отрицательные клеммы приборов электрооборудования.

Приборы освещения, световой и звуковой сигнализации включают: дорожные фары, передние и задние рабочие фары, фонари указателей поворотов, габаритных огней и сигнала торможения, плафон освещения кабины, звуковой сигнальный прибор, выключатели и реле включения соответствующих приборов. Потребители электроэнергии и их цепи защищены предохранителями.

**Цель работы:** освоение операций и получение практических навыков по диагностированию автотракторного электрооборудования: аккумуляторных батарей; генераторов переменного тока со встроенным или вынесенным выпрямителем; стартеров; реле-регуляторов.

### **Задачи:**

- изучить неисправности аккумуляторной батареи, генераторной установки, стартера и их внешние признаки;
- получить практические навыки проверки технического состояния элементов автотракторного электрооборудования.

**Оборудование, приспособления, приборы и инструменты:** автомобиль ГАЗ-27057 АЛ-2705 «Актава», трактор «Беларус-1523», тестер для проверки 12-вольтовых автомобильных пусковых аккумуляторов BOSCH BAT 110; универсальное зарядное устройство BOSCH BML 2410; комплект средств диагностирования автотракторного электрооборудования КИ 28157, плотномер электролита, цифровой мульти-

метр, цифровой анализатор состояния автомобильных аккумуляторных батарей, токовые клещи, набор слесарного инструмента, обтирочный материал.

#### **Указания по технике безопасности.**

При диагностировании автотракторного электрооборудования необходимо соблюдать следующие основные требования техники безопасности:

1. Все операции, за исключением тех, выполнение которых возможно только при работающем механизме, следует выполнять при остановленном двигателе.

2. Перед тем как запустить двигатель, необходимо убедиться, что рычаг переключения передач находится в нейтральном положении, а в кабине нет посторонних лиц.

3. Во время проведения работы по диагностированию и техническому обслуживанию нельзя находиться возле автомобиля или трактора посторонним лицам.

4. Пуск двигателя осуществляется заведующим лабораторией после полного обеспечения безопасности участников работы.

5. Вращающиеся части двигателя должны иметь защитные ограждения.

6. Контрольно-диагностические средства и слесарный инструмент должны быть исправными, соответствовать своему назначению и обеспечивать безопасность выполнения работ.

7. При обслуживании аккумуляторных батарей следует избегать попадания электролита в глаза и на кожу.

8. Запрещается проверять степень заряженности батареи путем короткого замыкания клемм, а также включать аккумуляторную батарею обратной полярностью.

9. Во избежание повреждения электронных блоков системы электрооборудования запрещается:

- отсоединять выводы аккумуляторной батареи при работающем двигателе. Это вызовет появление пикового напряжения в цепи заряда и приведет к повреждению диодов и транзисторов;

- отсоединять электрические провода до остановки двигателя и включения всех электрических переключателей;

- вызывать короткое замыкание из-за неправильного присоединения проводов. Короткое замыкание или неправильная полярность вызовет повреждение диодов и транзисторов;

- подключать аккумуляторную батарею в систему электрооборудования, пока не будет проверена полярность выводов и напряжение;

- проверять наличие электрического тока «на искру», т. к. это приведет к немедленному пробою транзисторов;
- выключать выключатель массы при работающем двигателе;
- эксплуатировать трактор без аккумуляторной батареи.

10. Запрещается диагностирование электрооборудования при подтеках топлива и масел.

## 1. Неисправности автотракторного электрооборудования

При работе трактора часто происходит обрыв проводов и наконечников, повреждение изоляции и короткое замыкание в цепи из-за механического и теплового воздействия, натяжения и скручивания проводов, трения их о металлические части трактора. Также могут возникать отказы в работе аккумуляторных батарей, стартеров и генераторов.

**Неисправности аккумуляторной батареи.** К неисправностям аккумуляторных батарей относят сульфатацию и короткое замыкание пластин; ускоренный саморазряд батарей (более 3 % в сутки), вызванный посторонними примесями в электролите; трещины и пробоины корпусе.

*Сульфатация пластин* является следствием электрохимических реакций в аккумуляторной батарее. При разряде аккумуляторной батареи рабочая поверхность пластин покрывается сульфатом свинца  $PbSO_4$ , и чем больше разряд батареи, тем больше происходит покрытие пластин. При штатных режимах работы (заряд – разряд) – кристаллы  $PbSO_4$  при заряде растворяются, рабочие поверхности пластин очищаются и емкость батареи не снижается.

Частые запуски двигателя или длительная работа стартера приводят к глубокому разряду аккумуляторной батареи. В результате происходит сильная сульфатация пластин – поверхность пластин покрываются плотными отложениями. Они не могут распасться при заряде, а поэтому рабочая поверхность уменьшается.

Признаки сульфатации пластин – снижение емкости аккумулятора, быстрое «закипание» электролита при зарядке и ускоренный разряд.

*Короткое замыкание пластин* характеризуется уменьшением плотности электролита и резким понижением напряжения до нуля при испытании нагрузочной вилкой, а также слабым повышением плотности электролита при заряде аккумуляторной батареи.

**Работоспособность аккумуляторной батареи в значительной мере зависит от исправности зарядной цепи.**

*Низкая степень заряда исправной аккумуляторной батареи бывает из-за отсутствия или малого значения зарядного тока.*

Причинами могут быть:

- увеличенное переходное сопротивление между клеммами аккумуляторной батареи и наконечниками проводов вследствие ослабления их затяжки и окисления;

- отсутствие напряжения на клеммах «+» и «Д» генератора, которое возникает при обрыве или коротком замыкании обмоток генератора, износе или подгорании колец и щеток, выходе из строя диодного моста, неисправности регулятора напряжения (низкий уровень регулируемого напряжения);

- проскальзывание ремня привода генератора.

*Если аккумуляторная батарея «кипит» и требует частой доливки дистиллированной воды, то причиной этого может быть неисправность регулятора напряжения (высокий уровень регулируемого напряжения) или сульфатация пластин.*

**Неисправности генератора.** Износ или разрушение подшипников, чрезмерное натяжение ремня генератора (сопровождается повышенным шумом при его работе). Проскальзывание приводного ремня генератора сопровождается «визгом» и снижением зарядного тока.

Электрические неисправности генератора (обрыв или короткое замыкание обмоток генератора, износ или подгорание колец ротора и щеток, обрыв или короткое замыкание диодов диодного моста, неисправность регулятора напряжения) выявляются по низкой величине зарядного тока.

**Неисправности стартера.** Если при включении стартера коленчатый вал двигателя не проворачивается или вращается очень медленно, то это говорит о слабой затяжке клемм аккумуляторной батареи или окислении наконечников проводов, разряде батареи ниже допустимого предела, загрязнении коллектора и щеток стартера, плохом контакте щеток с коллектором, нарушении регулировки тягового реле стартера, обрыве или коротком замыкании обмоток стартера.

Если после запуска двигателя стартер остается во включенном состоянии, то силовой диск приварился к контактному болту тягового реле стартера или шестерня привода не выходит из зацепления с венцом маховика из-за поломки возвратной пружины.

## 2. Оценка состояния аккумуляторной батареи

Диагностирование работоспособности аккумуляторной батареи включает в себя проверку уровня и плотности электролита, ЭДС аккумулятора (напряжения без нагрузки) и напряжения под нагрузкой.

Перед проверкой аккумуляторной батареи ее ветошью очищают от пыли и грязи. При наличии следов выкипания электролита поверхность АКБ протирают ветошью, смоченной в 10%-ном растворе кальцинированной соды, а затем вытирают насухо. После очистки поверхности АКБ выворачивают пробки из ее банок.

### Проверка уровня электролита

Уровень электролита проверяют по меткам на прозрачном корпусе батареи. Если не видно уровня электролита, батарею необходимо слегка покачать. На батареях с непрозрачным корпусом уровень электролита проверяют с помощью стеклянной трубки (рис. 1).

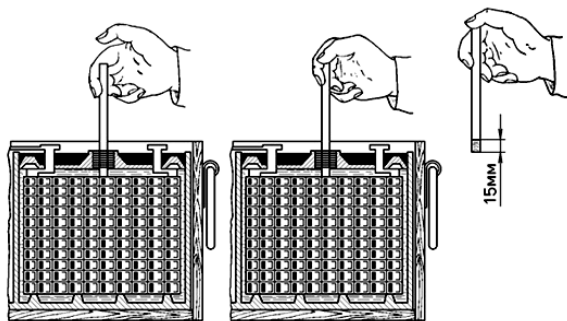


Рис. 1. Проверка уровня электролита в аккумуляторной Батарее

Для этого трубку опускают в заливное отверстие аккумулятора. Достав до сепараторной сеточки нужно зажать пальцем верхний край трубочки и вытащить ее. Уровень электролита в трубке будет равным уровню в батарее. Он должен быть на 10...15 мм выше сепараторных пластин. Если уровень не соответствует норме, добавляют дистиллированную воду до нормального уровня.

### Проверка плотности электролита

Плотность электролита в каждой банке измеряется ареометром. Для этого ареометр опускают в заливное отверстие аккумулятора, заполняют резиновой грушей внутреннюю полость ареометра электро-

литом до всплытия поплавка и определяют плотность по шкале поплавок напротив нижнего края мениска жидкости. При замере поплавок должен свободно плавать и не касаться стенок ареометра (рис. 2).

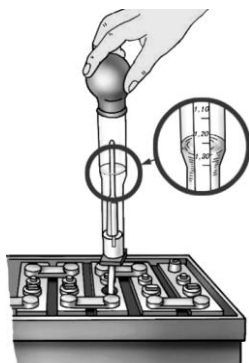


Рис. 2. Проверка плотности электролита

Плотность электролита в банках не должна различаться более чем на  $0,02 \text{ г/см}^3$ . Если в АКБ доливалась дистиллированная вода, плотность электролита следует замерять не менее чем через 30...40 мин.

Плотность электролита зависит от температуры, поэтому в измерительную плотность вносят температурную поправку по табл. 1. Зная плотность электролита батареи и пользуясь рис. 3 можно определить степень разряженности АКБ.

Таблица 1. Температурные поправки к плотности электролита

Температура электролита, °С	-30	-15	0	+15	+30	+45
Поправка к показаниям ареометра, $\text{г/см}^3$	-0,03	-0,02	-0,01	0	+0,01	+0,02
Напряжение под нагрузкой, В	>10,2	9,6	9	8,4	<7,8	

Снижение плотности электролита на  $0,01 \text{ г/см}^3$  от номинального значения соответствует разряженности батареи на 5...6%. При уменьшении плотности на  $0,03 \text{ г/см}^3$  батарею следует подзарядить.

На необслуживаемых АКБ уровень и плотность электролита определяют по цвету индикатора в пробке-индикаторе. Однако пробка-индикатор устанавливается в одной из банок батареи и показывает уровень и плотность электролита только в этой банке, а в других банках они могут иметь значения, не соответствующие норме.



Рис. 3. Номограмма зависимости плотности электролита от температуры окружающего воздуха и разрядки аккумуляторной батареи

**После проверки батареи** необходимо очистить вентиляционные отверстия в пробках, а ее поверхность протереть 10 % раствором кальцинированной или питьевой соды и промыть водой. Это исключит утечки тока по поверхности батареи из-за оставшихся на ней капель электролита.

Клеммы двух подводящих проводов смазывают тонким слоем технического вазелина для исключения коррозии и затягивают. Батарея должна быть должным образом закреплена на машине.

#### Проверка аккумуляторной батареи мультиметром

Проверку аккумуляторной батареи следует проводить при температуре +20...+25°C (проверка холодной батареи может привести к значительной ее разрядке).

Для проверки ЭДС (напряжения) без нагрузки мультиметр нужно перевести в режим измерения постоянного напряжения и установить диапазон выше максимального значения напряжения для заряженной батареи. Далее надо подключить черный щуп на «минус», а красный на «плюс» аккумулятора (рис. 4) и посмотреть показания мультиметра.



Рис. 4. Проверка аккумуляторной батареи мультиметром

Если при отсутствии тока утечки по поверхности батарея выдает 12,7 В и выше, то она полностью заряжена (табл. 2). Напряжение 11,9 В и ниже указывает на полную разряженность батареи. Полная разрядка аккумуляторной батареи чревата сульфатацией пластин.

Таблица 2. Зависимость заряженности батареи в зависимости от напряжения

Процент заряженности, %	100	75	50	25	0
Напряжение без нагрузки, В	>12,7	12,5	12,3	12,1	<11,9

Для проверки напряжения под нагрузкой АКБ после подключения мультиметра включением дальнего света фар и вентилятора отопителя создают нагрузку на батарею и смотрят показания прибора.

### **Проверка аккумуляторной батареи анализатором состояния аккумуляторных батарей ВТ-12 (нагрузочной вилкой)**

Проверка нагрузочной способности аккумуляторной батареи позволяет оценить способность аккумуляторной батареи обеспечивать достаточный ток для запуска двигателя. Нагрузочная вилка нагружает батарею, пропуская через себя электрический ток 100 А, при этом измеряется уровень напряжения на клеммах батареи. На исправной батарее уровень напряжения под нагрузкой останется практически постоянным, в то время как у неисправной будет наблюдаться быстрое его падение.

Нагрузочная вилка – это устройство, которое представляет собой электрическую нагрузку (резистор с большим сопротивлением или тугоплавкую спираль) с двумя проводами и клеммами для подсоединения устройства к аккумуляторной батарее, а также вольтметром для снятия показаний напряжения.

Нагрузочная вилка подключается к клеммам аккумулятора – красный зажим к плюсовой «+» клемме, а черный – к минусовой «-» (рис. 5).



Рис. 5. Проверка аккумуляторной батареи анализатором состояния аккумуляторных батарей (нагрузочной вилкой)

После подключения зажимов прибор покажет напряжение без нагрузки, характеризующее степень заряженности батареи. Если измеренное напряжение меньше 12,4 В, то при проверке нагрузочной способности батареи, прибор покажет «CHG». Это означает, что батарею необходимо зарядить перед продолжением проверки нагрузочной способности. Если после зарядки напряжение на батарее по прежнему не превышает 12,4 В, то это указывает на ее неисправность.

Отсутствие показаний на индикаторе прибора указывает на плохой контакт на зажимах, неисправность батареи неисправна или полной ее разряженности (напряжение ниже 8,5 В).

Затем необходимо кратковременно нажать кнопку включения нагрузки и через 10 с прибор покажет состояние батареи по показаниям вольтметра (см. табл. 2), а также включением одного из трех цветных светодиодов (табл. 3). Звуковой сигнал в течение секунды подтвердит, что проверка завершена.

Таблица 3. **Определение состояния батарей цифровым анализатором ВТ-12**

Светодиод индикатора	Напряжение под нагрузкой	Состояние батареи
Зеленый (OK)	> 10,4 В	Емкость батареи нормальная. Батарея полностью заряжена.
Желтый (WEAK)	9,1...10,4 В	Емкость батареи неудовлетворительная. Батарея может быть неисправна или не полностью заряжена. Следует проверить удельную плотность электролита и зарядить батарею. Если зарядка не приводит к повышению удельной плотности до уровня полного заряда, то батарея подлежит замене.
Красный (BAD)	< 9,1 В	Батарея неисправна или имеет очень малую емкость и подлежит замене.

На полностью заряженной батарее после подачи нагрузки напряжение не должно упасть ниже 10,2 В. Если батарея немного разряжена, то допускается просадка до 9 В (однако, в этом случае ее нужно обязательно зарядить). А после снятия нагрузки напряжение должно через несколько секунд полностью восстановиться. Если напряжение не восстанавливается, то существует вероятность замыкания одного из аккумуляторов.

Для исключения выхода из строя прибора нагрузка включается на время не более 5...6 секунд.

Код «Err» на дисплее и непрерывный звуковой сигнал – сообщение об ошибке подключения нагрузки. Наличие этой ошибки не позволит анализатору правильно провести проверку нагрузочной способности;

Код «OFF» на дисплее и непрерывный звуковой сигнал – сообщение об ошибке отключения нагрузки. Через 1 с после окончания проверки нагрузочной способности микропроцессор проверит, отключена ли нагрузка от батареи.

### **Проверка аккумуляторной батареи портативным тестером BOSCH BAT 110**

Портативный тестер аккумуляторных батарей BAT 110 (рис. 6) предназначен для проверки 12-вольтовых аккумуляторных батарей без нагрузки. Дополнительно он позволяет выполнять проверку системы запуска и системы зарядки аккумуляторной батареи.



Рис. 6. Портативный тестер аккумуляторных батарей BOSCH BAT 110

Для проверки аккумуляторной батареи необходимо знать ток холодного пуска в амперах и стандарт испытаний (IEC, DIN, SAE, EN, JIS), данные которого используются в качестве эталонных значений.

Пусковые характеристики аккумуляторной батареи зависят от температуры. Чтобы получить достоверные результаты испытаний, следует ввести температурный диапазон ( $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  или  $> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). При этом необходимо выбирать температуру аккумуляторной батареи, а не температуру окружающей среды.

Каждый процесс зарядки и разрядки оказывает влияние на состояние аккумуляторной батареи. Поэтому проверять ее следует не ранее одного часа после зарядки или использования в качестве источника питания.

Если при испытаниях аккумуляторной батареи, которой не больше трех лет, получен результат «Replace battery» («Заменить батарею»), то

рекомендуется проверить ток холодного пуска или цепь зарядки, а также состояние зарядки (недостаточная зарядка аккумуляторной батареи может быть вызвана недостаточным временем зарядки из-за поездок на небольшие расстояния).

Если при испытаниях аккумуляторной батареи получен результат «Battery unserviceable» («Аккумулятор неработоспособен»), аккумуляторную батарею следует зарядить. При зарядке происходит уменьшение слоя сульфата свинца и, при повторной проверке, может быть получен результат «Good» («Исправное»).

Если при проверке аккумуляторной батареи в автомобиле светится красный светодиод «Replace battery» («Замена батареи»), то причиной этого может быть плохое соединение между батареями и остальной частью электрической системы автомобиля. Следует отсоединить кабели от батареи и еще раз провести его проверку.

**Для проверки аккумуляторной батареи** необходимо убедиться, что отключены все потребители тока и выключено зажигание. Подсоединить зажимы тестера к батарее: красный – к положительной (+) клемме; черный – к отрицательной (–) клемме.

Когда на дисплее отобразится символ «1», необходимо выбрать тип аккумуляторной батареи (нажатием кнопок «↑» и «↓»): «FLOODED» – с жидким электролитом; «AGM» – гелевая. Выбранный тип аккумуляторной батареи отображается включением соответствующего светодиода. Для подтверждения выбора требуется нажать кнопку «TEST».

Когда на дисплее отобразится символ «2», необходимо выбрать температуру аккумуляторной батареи (нажатием кнопок «↑» и «↓»): «Солнце» – температура аккумулятора > 0°C; «Снег» – температура аккумулятора < 0°C. Выбранная температура аккумуляторной батареей отображается включением соответствующего светодиода. Для подтверждения выбора требуется нажать кнопку «TEST».





Выбрать стандарт, которому соответствует аккумуляторная батарея (нажатием кнопок «↑» и «↓»): EN, SAE, CCA, DIN, IEC, JIS. Выбранный стандарт аккумуляторной батареи отображается на дисплее. Для подтверждения выбора требуется нажать кнопку «TEST».

Выбрать ток холодного пуска, указанный на аккумуляторной батарее (нажатием кнопок «↑» и «↓»): EN, SAE – 200...900 А; CCA – 200...850 А; DIN, IEC – 120...550 А. Выбранный ток холодного пуска отображается на дисплее. Для подтверждения выбора требуется нажать кнопку «TEST».

После ввода всех параметров будет гореть один или несколько светодиодов, показывающих состояние аккумуляторной батареи (табл. 4).

На дисплее будет отображаться ток холодного пуска батареи.

Таблица 4. Индикация состояния аккумуляторной батареи тестером BOSCH BAT 110

Символ	Цвет светодиода	Состояние аккумуляторной батареи
	Зеленый	Исправное состояние аккумуляторной батареи.
	Зеленый и желтый	Аккумуляторная батарея в исправном состоянии, но разряжена.
	Желтый	Необходимо полностью зарядить аккумуляторную батарею и повторно ее проверить. Если после зарядки результат проверки не изменится, то следует заменить батарею.
	Красный	Аккумуляторная батарея неисправна или сульфатирована и может скоро отказаться. Следует заменить батарею. Попеременное мигание светодиодов «BAD» и «CELL» указывает на неисправность одной или нескольких ячеек батареи.

Мигание дисплея или отображение на нем одной мигающей буквы указывает на полную разрядку аккумуляторной батареи (менее 8 В), что не позволяет провести ее проверку. Следует полностью зарядить батарею и повторно провести проверку.

Сообщение «CONN» означает плохой контакт с выводами аккумуляторной батареи. Необходимо отсоединить зажимы и подсоединить их заново, покачав для обеспечения контакта.

**Для проверки системы запуска** аккумуляторная батарея должна быть исправной и полностью заряженной.

Зажимы тестера необходимо подсоединить к батарее: красный – к положительной (+) клемме; черный – к отрицательной (–) клемме.

Затем измеряется напряжение на клеммах аккумуляторной батареи при прокрутке стартера (табл. 6), для чего следует нажать кнопку «V», запустить двигатель, нажать и удерживать кнопку со стрелкой «↓».

Таблица 5. Проверка системы запуска тестером BOSCH BAT 110

Напряжение при запуске двигателя	Состояние пусковой системы
Более 9,6 В	Система запуска исправна
Менее 9,6 В	Система запуска неисправна. Необходимо проверить состояние проводов и стартера.

Для проверки системы зарядки необходимо при работающем двигателе подсоединить зажимы тестера к аккумуляторной батарее: красный – к положительной (+) клемме; черный – к отрицательной (–) клемме и измерить напряжение кнопки «V». На дисплее будет отображаться напряжение аккумуляторной батареи. Затем следует на 15 с увеличить частоту вращения коленчатого вала двигателя до 2000 об/мин и нажать кнопку со стрелкой «↑». На дисплее отобразится максимальное напряжение зарядки (табл. 6).

Таблица 6. Проверка системы зарядки тестером BOSCH BAT 110

Максимальное напряжение зарядки	Состояние системы зарядки
Более 13,3 В, но менее 15,0 В	Система зарядки в исправном состоянии
Менее 13,3 В	Низкое напряжение зарядки. Необходимо проверить соединения, проводку и генератор
Более 15,0 В	Повышенное напряжение зарядки. Необходимо проверить реле-регулятор.

### 3. Оценка состояния генераторной установки

#### Проверка работы генераторной установки мультиметром или цифровым анализатором ВТ-12 (нагрузочной вилкой)

Проверка позволяет оценить исправность генератора переменного напряжения и реле-регулятора напряжения путем измерения выходного напряжения. Перед проведением проверки следует убедиться, что батарея находится в хорошем эксплуатационном состоянии, проверив ее нагрузочную способность. Двигатель должен быть прогрет до нормальной рабочей температуры.

Для выполнения проверки необходимо подключить зажимы анализатора или мультиметра к батарее (см. раздел 3), выключить фары и все прочие потребители электроэнергии. Установить частоту вращения ротора генератора, соответствующую его техническим условиям и, не включая нагрузку, посмотреть на индикаторе значение напряжения. Оно должно составлять от 14 до 14,3 В.

Затем включить дальний свет фар и максимальную скорость вращения вентилятора отопителя. При этом показание напряжения должно изменяться не более чем на 0,1...0,2 В. Если напряжение находится в указанных пределах, то система генератор – реле-регулятор работает нормально. В противном случае необходимо определить неисправность генератора или реле-регулятора.

Низкое напряжение может быть вызвано слабым натяжением ремня генератора, неисправным реле-регулятором или неисправным генератором переменного тока.

Высокое напряжение может быть вызвано изношенными или коррозировавшими контактами разъемов или неисправным реле-регулятором.

Для проверки исправности регулятора напряжения увеличивают частоту вращения коленчатого вала. При этом напряжение не должно составлять более 14,7 В. В случае превышения этого уровня можно констатировать неисправность регулятора напряжения.

### **Проверка номинальной мощности генератора (основная проверка)**

Для проверки номинальной мощности генератора необходимо в течение 10 мин прогреть двигатель на холостых оборотах, отрегулировать натяжение ремня генератора (при необходимости), нанести на торцевую или цилиндрическую поверхность шкива генератора (в зависимости от удобства доступа) белую полосу (метку).

Затем требуется подключить к генератору переносной блок нагрузки (ПБН) – красный провод (+) к клемме «В» (+) генератора, а черный провод «-» – к «массе» (неокрашенной детали машины) (рис. 7).

Ручку установки регулятора нагрузки ПБН (рис. 8) повернуть в исходное положение (против часовой стрелки). Установить переключатель 3 в положение 12 В или 24 В, в зависимости от напряжения бортовой сети машины.

Переключатели ступенчатой нагрузки 5, 6 и 7 в зависимости от мощности генератора по току включают следующим образом:

- 0...25 А – переключатели выключены;
- 25...50 А – включен переключатель 5;
- 50...75 А – включены переключатели 5 и 6;
- 75...100 А – включены переключатели 5, 6 и 7.

Время непрерывной работы переносной блок нагрузки при максимальном токе более 30 А должно быть не более 5 мин с последующим уменьшением нагрузки для охлаждения нагрузочных элементов и электронной части схемы в течение 10 мин.

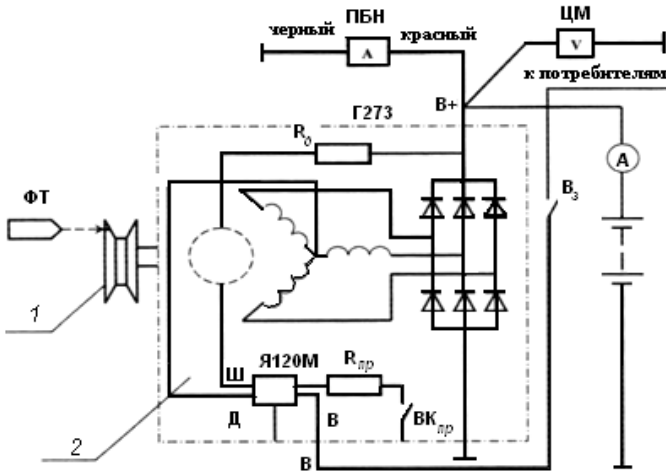


Рис. 7. Схема подключения приборов к генераторной установке Г-273 при проведении основной проверки: 1 – шкив генератора; 2 – генераторная установка Г-273; В+ – вывод для подключения нагрузки; Я120Мр – интегральный регулятор напряжения; ВЗ – выключатель приборов и стартера; А – амперметр машины;  $R_0$  – дополнительное сопротивление обмотки ротора;  $R_{пр}$  – сопротивление сезонной регулировки напряжения; ВК<sub>пр</sub> – переключатель сезонной регулировки; ФТ – фототоахметр ДТ-2234А; ПБН – переносной блок нагрузки; ТК – токовые клещи АРРА-30; ЦМ – цифровой мультиметр MS8221

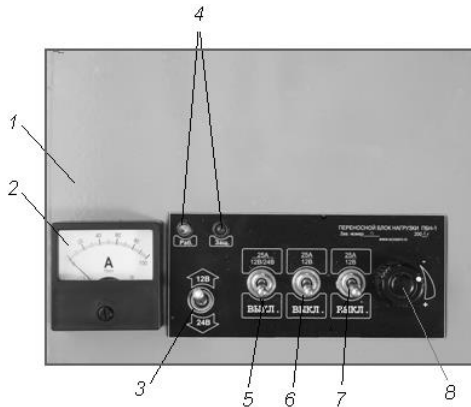


Рис. 8. Блок нагрузки ПБН-1: 1 – корпус блока нагрузки; 2 – амперметр; 3 – переключатель режимов питания с 12 В до 24 В; 4 – светодиодные; 5, 6 и 7 – тумблеры ступенчатого переключения режимов нагрузки; 8 – регулятор плавной нагрузки

Далее подключается цифровой мультиметр к генератору – вывод «input» к клемме «В» (+), а вывод «com» к «массе» (неокрашенной детали машины). Переключатель рода работ мультиметра устанавливается в положение для измерения напряжения «V»;

Губками токовых клещей (рис. 9) обжимается красный провод, соединяющий переносной блок нагрузки с генератором. Затем они включаются установкой переключателя рода работ 4 в положение «А» и включается режим измерения постоянного тока «DC» (нажатием на кнопку «AC/DC»). Показания токовых клещей обнуляются нажатием на кнопку «ZERO» 5.

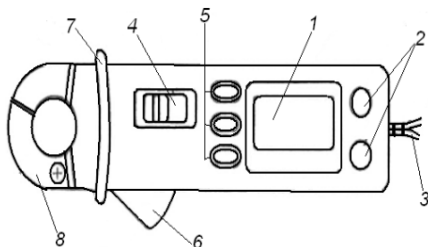


Рис. 9. Клещи электроизмерительные APPA-30: 1 – ЖК-дисплей; 2 – измерительные гнезда; 3 – ремешок для переноски; 4 – переключатель режимов измерения; 5 – функциональные клавиши; 6 – курок механизма развода клещей; 7 – ограничитель безопасности; 8 – клещи преобразователя

После подключения всех приборов необходимо запустить двигатель и при минимальных оборотах отключить «массу». Поворотом ручки 8 переносного блока нагрузки (см. рис. 11), плавно увеличивают частоту вращения ротора генератора до достижения номинального напряжения для данной марки генератора (контролируется по цифровому мультиметру).

Частота вращения ротора измеряется фототахометром (рис. 10). Для измерения частоты вращения фотодатчиком необходимо нанести на шкив отражающую метку 1, установить переключатель режима фототахометра 4 в положение «RPM», нажать кнопку 3 «Измерение» и направить световой луч 2 на объект, визуально убедившись, что луч попал на цель.

Для вывода на дисплей измеренного значения необходимо нажать кнопку 5 «MEM».

Показания приборов по напряжению, току и частоте вращения ротора сравниваются с данными табл. 8.



Рис. 10. Фототахометр DT6234В:  
 1 – отражающая метка; 2 – световой луч;  
 3 – кнопка «Измерение»; 4 – переключатель  
 режима; 5 – кнопка MEM; 6 – дисплей;  
 7 – крышка отсека батареи

Таблица 7. Характеристики генераторов при проверке их номинальной мощности генератора

Марка генератора	Изменяемая величина		
	Ток нагрузки, А	Напряжение, В	Частота вращения ротора генератора, об/мин
Г-250	28	12...14	2100±50
Г-271	10	24...28	2350±50
Г-288	47	24...28	2500±50
Г-273А	32	24...28	2500±50
Г-275	80	12...14	3200±50
Г-287	60	12...14	2100±50
Г-306	23,5	12...14	2600±50
Г-309	92	12...14	4500±100
12.3701	46	24...28	4500±50
13.3701	23,5	12...14	2600±100
15.3701	85	12...14	4500±100

При исправном генераторе напряжение и ток должны быть не менее указанных в табл. 8, а частота вращения ротора – не более табличной (при диагностировании генераторных установок также можно пользоваться паспортными данными генераторов).

По окончании проверки генератора необходимо выключить тумблеры 5, 6, 7 переносного блока нагрузки (если они были включены) и установить регулятор нагрузки в исходное положение (поворотом рукоятки 8 против часовой стрелки). Установить минимальные обороты двигателя и отсоединить измерительные приборы.

### **Проверка начальной (минимальной) частоты вращения ротора генератора при номинальном возбуждении в режиме холостого хода**

Для проверки начальной частоты вращения ротора генератора при номинальном возбуждении в режиме холостого хода необходимо подключить измерительные приборы (см. рис. 7), за исключением установки переносного блока нагрузки. Запустить двигатель и при минимальных оборотах отключить «массу».

Наблюдая за показаниями цифрового мультиметра плавно увеличить частоту вращения ротора до номинального напряжения для данной марки генератора. При исправном генераторе частота вращения его ротора (при достижении номинального напряжения) не должна быть выше значений, указанных в табл. 8 или паспортных данных генератора.

Таблица 8. Характеристики генераторов при проверке начальной частоты вращения ротора

Марка генератора	Напряжение, В	Частота вращения вала генератора, об/мин
Г-250	12	950 ±50
Г-271	24	110 ±50
Г-288	28	1500 ±50
Г-273А	24	1250 ±50
Г-275	12	1450 ±50
Г-287	14	1050 ±50
Г-306	14	1550 ±50
Г-309	14	1200 ±50
12.3701	28	1200 ±50
13.3701	14	1450 ±50
15.3701	14	1150 ±50

### **Проверка тока возбуждения генератора (вспомогательная проверка)**

Для проверки тока возбуждения генератора необходимо подключить к генератору цифровой мультиметр и обжать губками токовых клещей провод обмотки возбуждения.

При отсутствии маркировки провода возбуждения определить его можно с помощью индикатора напряжения. Для этого зажим «←» индикатора следует присоединить в «массе» машины, а щуп – к выводам генератора. При касании вывода обмотки возбуждения будет светиться красный светодиод.

Включить токовые клещи, установив переключатель режимов в положение «А», установить режим измерения постоянного тока «DC»

нажатием на кнопки «AC/DC». Вывод «input» подключить к клемме «В» (+), вывод «com» – к «массе».

Запустить двигатель и, плавно изменяя частоту вращения ротора генератора, следить за показаниями напряжения и силы тока по токовым клещам.

С увеличением частоты вращения ротора при постоянном напряжении ток возбуждения должен уменьшаться. При номинальном значении частоты вращения ротора ток возбуждения должен быть равен: для генераторной установки с номинальным напряжением 12 В – 2...3 А; для генераторной установки с номинальным напряжением 24 В – 1...2 А.

При несоответствии параметров паспортным или табличным данным генератор следует направить в ремонт.

### **Проверка исправности бесконтактного и интегрального регуляторов напряжения**

Для проверки исправности бесконтактного (БРН) и интегрального (ИРН) регуляторов напряжения необходимо подключить к генераторной установке согласно рис. 10 цифровой мультиметр и переносной блок нагрузки к выводам генератора и «массе». Запустить двигатель и при минимальных оборотах отключить «массу».

Плавно увеличить частоту вращения ротора до начального (минимального) значения для данной марки генераторной установки, указанной в паспортных данных или в табл. 10, и цифровым мультиметром зафиксировать напряжение на выводах генераторной установки.

Таблица 9. Характеристики генераторов и реле напряжения

Марка генератора	Марка БРН или ИРН	Частота вращения ротора генератора		Номинальный ток нагрузки, А	Регулируемая величина напряжения, В
		начальная	номинальная		
Г-250	PP-350	950 ± 50	2100 ± 50	14 ± 0,5	13,8–14,5
	PP-350A	950 ± 50	2100 ± 50	14 ± 0,5	14–14,7
Г-272	PP-356	1100 ± 50	2350 ± 50	5 ± 0,5	24–28
Г-273	Я-120M	1250 ± 50	2500 ± 50	16 ± 0,5	24–28
Г-288	PP-356 (11.3702)	1500 ± 50	2500 ± 50	24 ± 0,5	24–28
Г-306	PP-350	1550 ± 50	2600 ± 50	12 ± 0,5	13,8–14,5
12.3701	Я-120A	1200 ± 50	4500 ± 50	23 ± 0,5	24–28
13.3701	Я-112A	1200 ± 50	2600 ± 50	12 ± 0,5	13,8–14,5
15.3701	Я-112A	1150 ± 50	4500 ± 50	42 ± 0,5	13,8–14,5

Измеренное напряжение должно находиться в пределах паспортных или табличных данных для данной марки генератора.

Увеличить частоту вращения ротора до номинального значения. В процессе увеличения частоты вращения ротора напряжение не должно отличаться от паспортных или табличных данных.

Установить переключателями ступенчатой нагрузки и ручной плавной нагрузки переносного блока (ПБН) ток нагрузки, равный 1/2 номинального тока для данной марки генераторной установки (величину тока нагрузки следует контролировать по амперметру, встроенному в переносной блок нагрузки).

В процессе увеличения тока нагрузки напряжение на выводах генераторной установки должно находиться в пределах паспортных или табличных данных (табл. 9).

При обнаружении неисправности регулятора напряжения или отклонения величины регулируемого напряжения от нормы регулятор следует снять и заменить на новый (конструктивно БРН и ИРН не подлежат регулировке и ремонту и, в случае неисправности, заменяются на новые).

Для проверки обмоток генератора на обрыв или короткое замыкание требуется снятие генератора с трактора и его частичная разборка (снятие регулятора напряжения, конденсатора и диодного моста).

#### 4. Оценка состояния стартера

##### Проверка стартера цифровым анализатором ВТ-12

Проверка позволяет выявить чрезмерный ток стартера, который затрудняет запуск двигателя и сокращает срок аккумуляторной батареи. Перед проведением данной проверки следует выполнить проверку нагрузочной способности батареи и запомнить полученное показание напряжения.

Если проверка нагрузочной способности показала плохое состояние батареи, то проверку стартера производить нельзя. Двигатель должен быть прогрет до нормальной рабочей температуры.

Для проверки стартера необходимо подключить зажимы анализатора к батарее и руководствуясь табл. 10, найти минимальное напряжение, допустимое при работе стартера. После чего включить стартер двигателя и измерить напряжение при его работе.

Таблица 10. Проверка стартера цифровым анализатором ВТ-12

Напряжение при проверке нагрузочной способности анализатором, В	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4
Минимальное напряжение при работе стартера, В	7,7	8,2	8,7	9,2	9,7	10,2	10,6

Например, если напряжение при проверке нагрузочной способности было 11,0 В, то минимальное допустимое напряжение при работе стартера должно составлять 9,7 В.

Если при работе стартера напряжение ниже минимального допустимого, то ток стартера при пуске двигателя чрезмерен. Причиной этому могут быть плохие контакты, неисправность электродвигателя стартера или несоответствие используемой батареи данному транспортному средству.

При снятии стартера с трактора можно проверить состояние его обмоток, щеток и контактных колец аналогично проверке данных элементов генератора.

### **Проверка технического состояния стартера в режиме полного торможения**

Для проверки технического состояния стартера в режиме полного торможения аккумуляторная батарея должна быть заряжена.

Далее необходимо включить прямую передачу и стояночным тормозом надежно затормозить машину. Обжать зажимами токового преобразователя провод плюсового вывода АКБ и подключить токовый преобразователь к цифровому мультиметру: красный провод «+» – к гнезду «input», черный провод «-» – к гнезду «com».

Установить переключатель рода работ токового преобразователя в положение «А», а переключатель рода работ цифрового мультиметра в положение «Y» – измерение сигнала от токового преобразователя. Рукояткой DCA ZERO установить показание цифрового мультиметра, равное нулю.

Подключить токовые клещи к клеммам аккумулятора, соблюдая полярность (рис. 11). Переключатель режима работ токовых клещей установить в положение «20 DCU» (измерение постоянного напряжения). При напряжении бортовой сети, равном 24 В (2 АКБ, соединенные последовательно), токовые клещи подключаются к двум батареям – крайним выводам «+» и «-»).

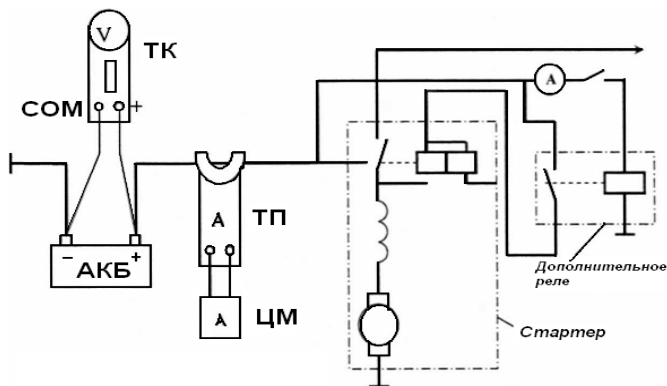


Рис. 11. Схема подключения измерительных приборов при проверке стартера в режиме полного торможения: ТК – токовые клещи, ТП – токовый преобразователь RS1520; ЦМ – цифровой мультиметр MS8221

Затем необходимо включить стартер на 3 с и по цифровому мультиметру определить силу тока, а по токовым клещам – напряжение.

Показания измерительных приборов сравниваются с данными табл. 11 или паспортными данными на стартер.

Таблица 11. Техническая характеристика стартеров

Показатели	Значение показателей										
	СТ50	СТ81	СТ100	СТ114Г	СТ350	СТ212	СТ130	СТ103	СТ222	СТ142	СТ212
Номинальная мощность, кВт	2,6	0,9	5,1	0,4	0,4	3,3	1,02	8,0	2,0	8,8	3,5
Сила тока при полном торможении, А	1200	600	650	230	240	1350	650	900	950	800	1450

Пониженное значение силы тока указывает на увеличенное сопротивление цепи стартера. Необходимо проверить состояние всех контактных соединений (наконечников проводов, контактов тягового реле, коллектора и щеточного узла).

Если значение силы тока повышенное, стартер снимают для проверки состояния его обмоток и отправляют в ремонт.

## 5. Содержание отчета

1. Изучить и законспектировать неисправности аккумуляторной батареи, генератора и стартера, а также их внешние признаки.

2. Описать порядок диагностирования отдельных элементов автотракторного электрооборудования.

3. Выполнить операции проверки работоспособности аккумуляторной батареи.

4. Выполнить операции проверки работоспособности генератора и реле-регулятора напряжения.

5. Выполнить операции проверки работоспособности стартера.

6. Внести значения измеряемых и нормативных данных в протокол диагностирования (табл. 12). Проанализировать полученные данные и сделать заключение о техническом состоянии автотракторного электрооборудования.

Таблица 12. Протокол диагностирования автотракторного электрооборудования

Марка машины \_\_\_\_\_

АКБ \_\_\_\_\_

Марка генератора \_\_\_\_\_

Марка стартера \_\_\_\_\_

Наименование измеряемых величин	Значение показателей		
	При контроле	По техническим условиям	
1	2	номинальные 3	допустимые 4
Марка машины			
<b>Аккумуляторная батарея</b>			
Уровень электролита, мм			
Плотность электролита, г/см <sup>3</sup>			
Уровень напряжения без нагрузки, В			
Уровень напряжения под нагрузкой, В			
<b>Проверка генераторной установки с помощью прибора ВТ-12</b>			
Величина поддерживаемого напряжения без нагрузки, В			
Величина поддерживаемого напряжения под нагрузкой, В			
<b>Генератор</b>			
Начало возбуждения генератора без нагрузки, мин <sup>-1</sup>			
Начало возбуждения генератора под нагрузкой, мин <sup>-1</sup>			
Ток возбуждения генератора, А			

1	2	3	4
<b>Реле-регулятор напряжения</b>			
Величина напряжения, поддерживаемая регулятором напряжения, В			
Ток срабатывания реле защиты, А			
<b>Стартер</b>			
Потребляемый ток в режиме пуска, А			
Потребляемый ток в режиме полного торможения, А			
<b>Электропроводка</b>			
Цепь зарядки			
Цепь запуска			

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите неисправности аккумуляторной батареи и их внешние признаки.
2. Перечислите неисправности генераторной установки и их внешние признаки.
3. Перечислите неисправности стартера и их внешние признаки.
4. Опишите порядок оценки работоспособности аккумуляторной батареи.
5. Опишите порядок оценки работоспособности генератора.
6. Опишите порядок оценки работоспособности реле-регулятора.
7. Опишите порядок оценки работоспособности стартера.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А. Д. Ананьин [и др.]. – Москва: Академия, 2008. – 429 с.
2. Техническое обслуживание и ремонт тракторов: учеб. Пособие / Е. А. Пучин [и др.]; под ред. Е. А. Пучина. – 4-е изд., стер. – Москва: Академия, 2008. – 207 с.
3. Модуль средств контроля и регулировки автотракторного электрооборудования КИ-28157. – Москва, 2008. – 26 с.
4. Технология контроля и регулировки автотракторного и комбайнового электрооборудования с применением универсального модуля КИ-28157. – Москва, 2008. – 24 с.

## **Лабораторная работа № 8.**

### **Ресурсное диагностирование гидравлических систем**

#### **Цель работы:**

1. Изучить неисправности гидронавесной системы трактора «Беларус-1523» и их внешние признаки.
2. Изучить устройство и работу дросселя-расходомера ДР-90М (КИ-1097-1) комплекта средств диагностирования КИ-28084М.
3. Усвоить методику обнаружения основных неисправностей гидронавесной системы трактора «Беларус-1523».
4. Получить практические навыки по определению технического состояния элементов гидронавесной системы трактора.

#### **Оборудование рабочего места:**

- 1) трактор «Беларус-1523» с комплектом инструмента;
- 2) переносной комплект средств диагностирования КИ-28084М;
- 3) тахометр ИО-30;
- 4) обтирочный материал.

#### **Указания по технике безопасности.**

При диагностировании необходимо соблюдать следующие основные требования техники безопасности.

1. Все операции, за исключением тех, выполнение которых возможно только при работающем механизме, следует выполнять при остановленном двигателе.
2. Перед тем как запустить двигатель, необходимо убедиться, что рычаг переключения передач и рукоятка распределителя гидросистемы находятся в нейтральном положении и в кабине нет посторонних лиц, а прибор КИ-1097-1 – в положении «ОТКР.».
3. Перед испытаниями проверить надежность крепления прибора и его шлангов. При проверке объемной подачи насоса следует обратить особое внимание на то, чтобы шланг, идущий от прибора, был надежно закреплен в месте его соединения с баком гидросистемы.
4. Запрещается находиться под трактором при работающем двигателе.
5. Во время проверки работы гидросистемы нельзя находиться возле трактора посторонним лицам.
6. Пуск двигателя осуществляется заведующим лабораторией после полного обеспечения безопасности участников работы.
7. В процессе опытов перекрывать масляную магистраль прибора следует плавно, без рывков.
8. Вращающиеся части трактора, подвижные элементы навесной системы должны иметь защитные ограждения.

9. Контрольно-диагностические средства и слесарный инструмент должны быть исправными, соответствовать своему назначению и обеспечивать безопасность выполнения работ.

### **1. Неисправности гидронавесной системы и их причины**

Разнообразные нарушения работоспособности гидравлической системы можно объединить в две группы.

1. Нарушения нормальной циркуляции масла в соответствии с заданным режимом работы гидросистемы.

Возможные причины:

- неплотное соединение маслопроводов и агрегатов;
- неисправности запорных устройств соединительных муфт;
- залегание (заклинивание клапанов);
- разрегулировка или потеря герметичности клапанов, управляющих циркуляцией масла.

2. Недопустимое отклонение функциональных характеристик агрегатов гидросистемы.

Возможные причины:

- нарушение герметичности рабочих объемов агрегатов гидросистемы из-за износа или разрушения деталей;
- снижение производительности гидронасосов;
- повышение утечки масла в распределителе и других механизмах, а также в гидроцилиндрах (перетекание масла из одной его полости в другую через неплотности между поршнем и цилиндром).

Гидросистема при этом продолжает функционировать, однако значения основных результирующих характеристик ее рабочих процессов, например, длительность подъема навешенного орудия, способность удерживать его в транспортном положении длительное время, отклоняются от номинальных значений.

Возможные неисправности гидронавесной системы трактора «Беларус-1523» приведены в табл. 1.

**Во время диагностики внешним осмотром** проверяют нагрев элементов гидронавесной системы, состояние запорных устройств и разрывных муфт, время подъема и опускания сельскохозяйственной машины, а также величину усадки штока гидроцилиндра с навешенным орудием.

Таблица 1. Неисправности гидронавесной системы трактора «Беларус-1523»

Внешнее проявление неисправности	Причина неисправности
1. Навеска без груза не поднимается, при установке рукоятки распределителя в позицию «Подъем», не слышно звука, издаваемого насосом под нагрузкой, неисправность проявляется при любой температуре масла	Загрязнение предохранительного клапана распределителя трактора
2. Навеска без груза не поднимается, при установке рукоятки распределителя в позицию «Подъем» слышен звук, издаваемый насосом под нагрузкой	Попадание посторонних частиц под кромки золотника
3. Навеска с грузом не поднимается или подъем замедлен, неисправность проявляется по мере прогрева масла	Неисправность насоса
4. Подъем навески без груза отсутствует или происходит толчками, при включении распределителя насос «визжит»	Недостаточное количество масла в гидросистеме
5. Упало давление в гидросистеме (отсутствует подъем ЗНУ, занижено или отсутствует давление на внешних выводах), происходит перегрев и вспенивание масла гидросистемы	Наличие подсоса воздуха в гидросистему; наличие воды в баке ГНС (масло имеет рыже-белесый оттенок); не отрегулирован датчик положения ЗНУ (сигнализатор подъема на пульте управления ЗНУ горит после завершения подъема); одна или несколько рукояток управления распределителем не возвращаются в нейтральное положение
6. Происходит перегрев масла ГНС при работе с сельскохозяйственной машиной с гидромотором	Неправильно подобран гидромотор сельскохозяйственной машине (потребление масла гидромотора должно быть на 10...15 % меньше подачи насоса); нагнетающие или сливные магистрали машины имеют заниженные проходные сечения; низкий объемный КПД гидромотора машины; слив масла из гидромотора идет через рабочую секцию распределителя
7. Упало давление в ГНС (отсутствует подъем ЗНУ, занижено или отсутствует давление на внешних выводах), перегрева гидросистемы не наблюдается	Зависание клапана разности давления (переливного клапана) во входной крышке интегрального блока «BOSCH» или в регуляторной секции гидроблока РП70-1523.1
8. Самопроизвольное опускание или подъем ЗНУ (без команды с пульта или выносных кнопок)	Зависание клапана опускания или золотника подъема регуляторной секции

Перед диагностированием гидронавесной системы необходимо установить одну из рукояток управления золотниками в положение «Подъем» и на средних оборотах двигателя прогреть масло до температуры  $(50 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Для прогрева масла необходимо также сделать 5...6 подъемов и опусканий силового цилиндра.

После этого можно оценить состояние элементов гидронавесной системы по их нагреву:

- при неисправности насоса нагревается его корпус и прилегающие к нему участки трубопроводов;

- при неисправности гидрораспределителя (увеличении внутренних утечек) нагреваются трубопроводы большого диаметра, насос и бак.

Состояние запорных устройств и муфт гидронавесной системы проверяют попеременно переключая распределитель в положения «Подъем» и «Опускание» и определяя на ощупь напряжение шлангов:

- если орудие не поднимается и оба шланга не напрягаются – произошло «залегание» шарика в муфте со стороны нагнетательной магистрали к шлангу подъема;

- если орудие не поднимается, а шланги напрягаются – произошло «залегание» шарика в муфте сливной магистрали со стороны распределителя;

- если орудие не опускается и шланги находятся под напряжением, – произошло «залегание» шарика муфты нагнетательной магистрали со стороны гидроцилиндра.

При отсутствии неисправностей муфт и запорных устройств проверяют время полного подъема и опускания орудия и усадку штока гидроцилиндра.

Медленный подъем орудия показывает на неисправность насоса, а в совокупности с резким опусканием орудия и значительной усадкой штока гидроцилиндра при транспортном положении орудия указывает на износ уплотнительных колец поршня или нарушение герметичности золотника распределителя.

**Диагностирование гидронавесной системы по кодам неисправностей.**

Электронная система управления задним навесным устройством трактора «Беларус-1523» обладает способностью самопроверки и при обнаружении неисправностей выдает кодовую информацию оператору при помощи сигнализатора диагностики неисправностей на пульте управления ЗНУ. После запуска двигателя при отсутствии неисправностей в системе управления ЗНУ сигнализатор горит постоянно.

После манипуляций рукояткой вверх или вниз сигнализатор выключается.

При наличии неисправностей в системе сигнализатор диагностики после запуска двигателя начинает выдавать кодовую информацию о неисправности и, в зависимости от уровня сложности неисправности, происходит блокирование работы системы. Код неисправности выдается в виде двузначного числа, первая цифра которого равна количеству миганий сигнализатора после первой длинной паузы, а вторая цифра – количеству миганий после второй длинной паузы. При наличии нескольких неисправностей одновременно система индицирует коды неисправностей друг за другом, разделяя их длинной паузой.

Все неисправности системой подразделяются на три группы: сложные, средние и легкие (прил. 1).

При обнаружении сложных неисправностей регулирование прекращается и система отключается. Система не управляется ни с пульта, ни с выносных кнопок. Сигнализатор диагностики выдает код неисправности. После устранения неисправности и запуска двигателя работа системы восстанавливается.

При средних неисправностях регулирование прекращается и система блокируется. Система управляется только с выносных кнопок, а с основного пульта не управляется. Сигнализатор диагностики выдает код неисправности. После устранения дефекта и запуска двигателя работа системы восстанавливается.

При легких дефектах сигнализатор диагностики выдает код дефекта, но система управляется и не блокируется. После устранения дефекта сигнализатор диагностики выключается.

## **2. Назначение и описание приборов**

Наиболее распространенным диагностическим прибором для выявления причин и характера отказа в работе и отклонений регулировочных параметров агрегатов гидросистем тракторов в процессе их эксплуатации является комплект средств КИ-28084М (рис. 1).

Он предназначен для заявочного диагностирования гидросистем тракторов, выполняемого в случаях обнаружения признаков неисправностей при общем диагностировании гидросистем, а также для проверки давлений и расходов рабочей жидкости в гидросистемах.

С помощью устройства определяются объемная подача гидравлических насосов, давление, при котором происходит срабатывание пре-

дохранительных клапанов и механизмов автоматического возврата золотников в гидросистемах, величина различного рода утечек.



Рис. 1. Переносной комплект средств для проверки и регулировки гидроагрегатов КИ-28084М

Техническая характеристика комплекта средств для проверки и регулировки гидроагрегатов КИ-28084М представлена в табл. 2.

Таблица 2. Техническая характеристика комплекта средств для проверки и регулировки гидроагрегатов КИ-28084М

№ п/п	Параметр	Значение
1	Тип	Переносной
2	Рабочее давление в гидроприводе, МПа	0,1...60
3	Диапазон измерения расхода жидкости, л/мин	10...90
4	Предел измерения переменного давления, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	60 (600)
5	Число контролируемых параметров, ед.	22
6	Габариты футляра, мм	470×340×100
7	Масса, кг	12

Комплект средств КИ-28084М состоит из прибора КИ-1097-1 с манометром, индикатора загрязненности ИЗЖ КМ-28067, прибора для бесконтактного измерения температуры («CENTER»), автостетоскопа КИ-28136 и комплекта сменных частей, уложенных в два футляра (прил. 2).

Прибор КИ-1097-1 (дроссель-расходомер ДР-90М) предназначен для проверки давлений, расходов рабочей жидкости в гидросистемах и определения коэффициента подачи насоса. Техническая характеристика дросселя-расходомера ДР-90М приведена в табл. 3.

Таблица 3. Техническая характеристика дросселя-расходомера ДР-90М

№ п/п	Параметр	Значение
1	Пределы измерения расхода рабочей жидкости при давлении от 10 до 20 МПа, л/мин	От 10 до 90...127
2	Цена деления шкалы расхода, л/мин	5
3	Допускаемая относительная погрешность измерения расхода при температуре рабочей жидкости $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ и давлении в сливной магистрали не более 0,5 МПа ( $5 \text{ кгс/см}^2$ ), %	$\pm 5$
4	Предел измерения давления, МПа ( $\text{кгс/см}^2$ )	20 (200)
5	Верхний предел измерения манометра, МПа ( $\text{кгс/см}^2$ )	25 (250)
6	Присоединительная резьба штуцеров входа и выхода дросселя-расходомера	M27×1,5
7	Габаритные размеры прибора, мм, не более	165×120×210
8	Масса, кг, не более	2,2

Дроссель-расходомер ДР-90М (рис. 2) состоит из корпуса 1, рукоятки 6, дросселя с лимбом 7 и шкалой расходов, демпфирующего устройства и манометра 4 со шкалой измерения давления до 25 МПа.

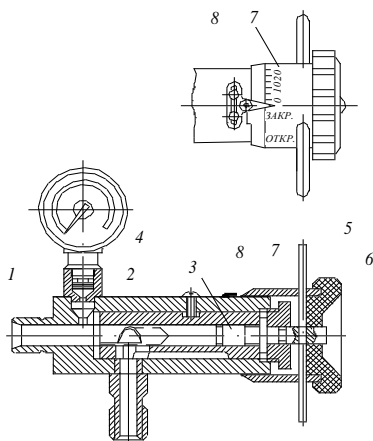


Рис. 2. Дроссель-расходомер ДР-90М: 1 – корпус; 2 – гильза; 3 – плунжер; 4 – манометр; 5 – стержень; 6 – рукоятка; 7 – лимб; 8 – стрелка указателя

Внутри корпуса 1 установлена гильза 2 с дросселирующей щелью, которая заканчивается отверстием. Торец плунжера 3 выполнен в виде спирали. При вращении рукоятки 6 спираль плунжера сначала перекрывает отверстие гильзы, а затем постепенно перекрывает щель. С уменьшением щели гильзы в нагнетательном канале дросселя-расходомера создается давление масла, которое измеряется манометром 4.

С помощью стержня 5 рукоятка 6 прибора соединена с плунжером 3 и лимбом 7, на который нанесена шкала расходов масла, протекающего через определенные сечения дросселирующей щели прибора при давлении на входе в дроссель-расходомер 10 МПа.

Для измерения расхода рабочей жидкости рукоятку устанавливают в такое положение, чтобы давление по манометру было равно 10 МПа. Тогда против стрелки указателя 8 на лимбе 7 будет находиться отметка, соответствующая расходу масла, протекающего через прибор.

Поворот рукоятки 6 до упора выступа лимба в ограничитель соответствует полностью открытому или закрытому проходному отверстию дросселя. Оба положения обозначены на лимбе соответственно «ОТКР.» и «ЗАКР.». Поворотом рукоятки с положения «ОТКР.» в сторону положения «ЗАКР.» осуществляется нагружение гидросистемы, определяемое по манометру прибора.

Шкала расхода масла проградуирована для масел М-10 при температуре  $(50 \pm 5)$  °С и давлении перед дросселем 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>).

Для измерения расхода при других давлениях пересчет показаний шкалы производится по формуле

$$Q_d = Q_{ш} \cdot 0,1\sqrt{P}, \quad (1)$$

где  $Q_d$  – действительный расход через прибор, л/мин;

$Q_{ш}$  – расход по шкале прибора, л/мин;

$P$  – давление, при котором проверяется расход, МПа.

Для измерения расхода рабочих жидкостей с вязкостью меньше 40 сСт или больше 80 сСт необходимо заново тарировать шкалу.

Погрешность прибора будет увеличиваться, если сопротивление на сливе будет более 0,5 МПа.

Поэтому для получения более точных измерений масло из прибора сливают в бак гидросистемы. Во избежание вспенивания рабочей жидкости в баке гидросистемы конец выходного рукава должен находиться ниже уровня жидкости в баке.

Коэффициент подачи насоса в соответствии с ГОСТ 14658-86 определяется по формуле

$$K_Q = (10^3 Q_{\text{изм}}) / (V_o n_{\text{изм}}), \quad (2)$$

где  $K_Q$  – коэффициент подачи насоса;

$Q_{\text{изм}}$  – измеренная подача насоса,  $\text{дм}^3/\text{с}$  (л/мин);

$V_o$  – рабочий объем насоса,  $\text{см}^3$ ;

$n_{\text{изм}}$  – измеренная частота вращения вала насоса,  $\text{с}^{-1}$  (об/мин).

Прибор КИ-1097-1 удобно применять с приспособлением КИ-6272 (рис. 3), с помощью которого уменьшается количество пересоединений.

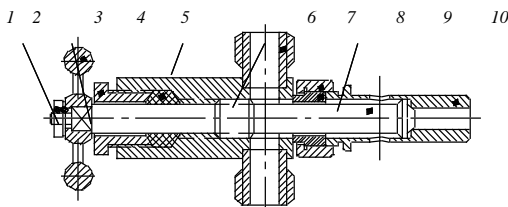


Рис. 3. Приспособление КИ-6272: 1 – гайка; 2 – шайба; 3 – маховичок; 4 – гайка нажимная; 5 – набивка; 6 – штуцер; 7 – гайка накидная; 8 – ниппель; 9 – игла запорная; 10 – штуцер переходной

Приспособление КИ-6272 состоит из корпуса, в котором с помощью маховичка 3 перемещается запорная игла 9, позволяющая перекрывать подачу рабочей жидкости к распределителю.

Схема включения приспособления КИ-6272 показана на рис. 4.

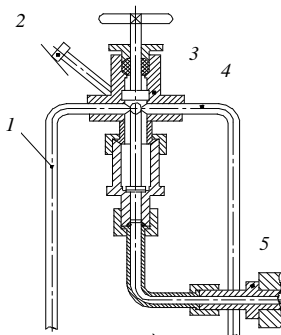


Рис. 4. Схема включения прибора для диагностирования гидросистемы тракторов: 1 – маслопровод, ведущий к прибору КИ-1097-1; 2 – половина запорного устройства; 3 – приспособление КИ-6272; 4 – нагнетательный маслопровод, идущий от насоса; 5 – входной штуцер, идущий в распределитель

Приспособление КИ-6272 устанавливают на место соединения нагнетательного трубопровода насоса с гидрораспределителем. С помощью переходного штуцера 10 (см. рис. 3) приспособление соединяется с распределителем, а штуцеров 6 – с масляным насосом и прибором КИ-1097-1.

### 3. Диагностирование элементов гидросистемы трактора дресселем-расходомером ДР-90М

#### Проверка технического состояния насоса гидросистемы

Перед диагностированием насоса гидросистемы необходимо присоединить прибор КИ-1097-1. Для этого следует:

- вывернуть штуцер на нагнетательном трубопроводе, идущем от насоса к распределителю, и соединить трубопровод с нагнетательным штуцером прибора КИ-1097-1 (рис. 5);
- сливной шланг, идущий от прибора КИ-1097-1, соединить со сливной линией гидрораспределителя.

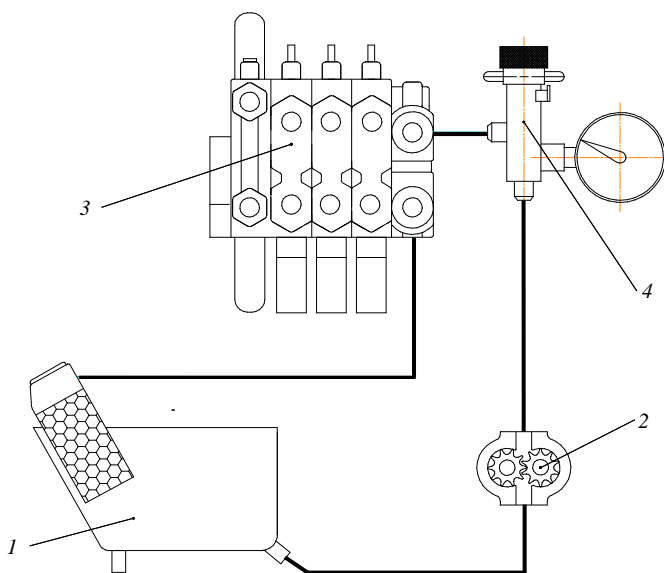


Рис. 5. Схема диагностирования насоса гидросистемы трактора:  
1 – масляный бак; 2 – гидронасос; 3 – гидрораспределитель; 4 – прибор КИ-1097-1

Далее следует включить гидронасос, **установить рукоятку прибора КИ-1097-1 в положение «ОТКР.»** и запустить двигатель.

**Внимание!** Запуск двигателя при положении рукоятки прибора «ЗАКР.» может привести к повреждению манометра, насоса или шланга.

**Для диагностирования насоса** необходимо установить рукоятку управления топливным насосом в положение, обеспечивающее номинальную частоту вращения коленчатого вала.

Вращая рукоятку прибора КИ-1097, установить давление масла 10 МПа и по лимбу определить производительность насоса.

При проверке насосов, номинальная производительность которых больше 1,5 л/с (90 л/мин), определяют производительность насоса при пониженной частоте вращения коленчатого вала.

Полученную производительность следует привести к производительности, соответствующей номинальному скоростному режиму работы двигателя ( $Q_n$ , л/мин), по формуле

$$Q_n = Q_{\text{пр}} n_n / n_{\text{изм}}, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{пр}}$  – производительность насоса, полученная при диагностировании, л/мин;

$n_n$  – частота вращения вала двигателя, соответствующая номинальному режиму, об/мин;

$n_{\text{изм}}$  – частота вращения вала двигателя, измерения при диагностировании, об/мин.

Текущую частоту вращения коленчатого вала можно определить по индикатору комбинированному на приборной панели.

Пользуясь полученным результатом, а также данными прил. 3 и 4, сделать заключение о техническом состоянии насоса. Насос подлежит замене, если его КПД меньше 0,7.

#### **Проверка утечек в гидрораспределителе**

Присоединить входной шланг прибора КИ-1097-1 с помощью соответствующего переходника к нагнетательной магистрали одного из выносных цилиндров, как показано на рис. 6.

Установить рукоятку прибора в положение «ОТКР.». Включить насос, запустить двигатель и установить номинальную частоту коленчатого вала. Поставить рукоятку управления золотником проверяемой секции в положение «Подъем» и поворотом рукоятки прибора создать в нагнетательной магистрали давление 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>).

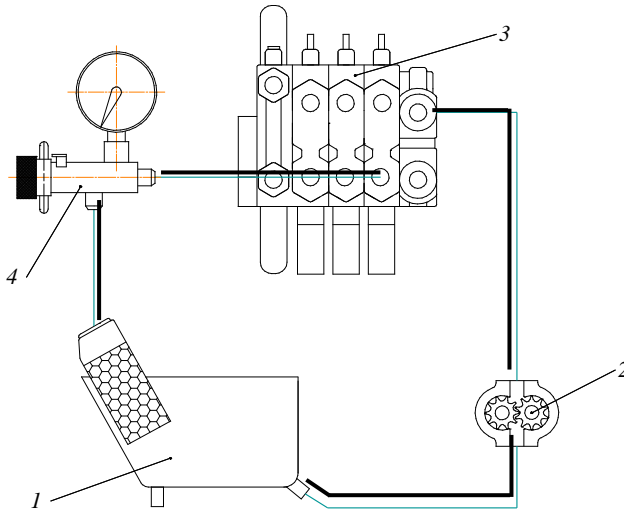


Рис. 6. Схема проверки технического состояния гидрораспределителя:  
 1 – масляный бак; 2 – гидронасос; 3 – гидрораспределитель;  
 4 – прибор КИ-1097-1

Определить по шкале устройства расход масла. При технически исправном состоянии перепускного и предохранительного клапанов расход масла не должен отличаться более чем на 5 л/мин от производительности насоса гидросистемы.

**Проверка давления автовозврата золотников гидрораспределителя**

Выполнить подготовительные операции.

Поставить рукоятку управления золотником проверяемой секции в положение «Подъем» и, следя за стрелкой манометра, поворотом рукоятки устройства поднять давление до момента срабатывания автовозврата.

Давление срабатывания автовозврата золотника трактора «Беларус-1523» должно быть от 17,5 до 19,5 МПа (175...195 кгс/см<sup>2</sup>). Давление срабатывания автовозврата золотников должно быть на 0,5 МПа ниже давления срабатывания предохранительного клапана (прил. 3).

Давление срабатывания автоматов других золотников можно проверить следующим способом:

- установить рукоятку управления золотником, к маслопроводам которого присоединен прибор, в положение «Подъем»;

- установить рукоятку проверяемого золотника в положение «Подъем»;

- удерживая рукой первую рукоятку в положении «Подъем», медленно поднять давление дросселем прибора в нагнетательной магистрали до момента срабатывания автомата проверяемого золотника. Рукоятка проверяемого золотника после срабатывания клапана автомата вернется в нейтральное положение.

#### **Проверка давления срабатывания предохранительного клапана гидрораспределителя**

Выполнить подготовительные операции.

Поставить рукоятку управления золотником в положение «Подъем» и удерживать ее в этом положении. Поворачивать рукоятку прибора до тех пор, пока давление в системе не перестанет нарастать. При этом показания манометра прибора должны соответствовать давлению открытия предохранительного клапана.

Правильно отрегулированный клапан трактора «Беларус-1523» должен срабатывать при давлении  $(20 \pm 2)$  МПа ( $(200 \pm 20)$  кгс/см<sup>2</sup>).

Результаты диагностирования элементов гидросистемы заносятся в протокол испытания (табл. 4).

Таблица 4. Результаты испытания гидравлической системы трактора

Объект проверки	Показатели			Заключение о техническом состоянии
	номинальные	допускаемые	фактические (при замере)	
Объемная подача насоса, л/мин				
Утечка масла в распределителе, л/мин				
Давление срабатывания автоматов золотников, МПа				
Давление срабатывания предохранительного клапана, МПа				

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие внешние признаки указывают на неисправность элементов гидросистемы трактора?
2. Каков порядок диагностирования гидросистемы по внешним признакам?
3. Как осуществляется диагностирование гидросистемы по кодам неисправностей?
4. Как с помощью дросселя-расходомера ДР-90М измеряется расход масла?
5. Как с помощью дросселя-расходомера ДР-90М измеряется давление масла?
6. Как проверить объемную подачу насоса гидронавесной системы?
7. Как определить утечки в гидрораспределителе навесной системы?
8. Как определить давление автовозврата золотников гидрораспределителя?
9. Как проверить давление срабатывания предохранительного клапана гидронавесной системы?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностика и техническое обслуживание машин для сельского хозяйства: учеб. пособие / А. В. Новиков [и др.]; под ред. А. В. Новикова. – 2-е изд. – Минск: БГАТУ, 2010. – 404 с.
2. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А. Д. Ананьин [и др.]. – Москва: Академия, 2008. – 429 с.
3. Техническое обслуживание и ремонт тракторов: учеб. пособие / Е. А. Пучин [и др.]; под ред. Е. А. Пучина. – 4-е изд., стер. – Москва: Академия, 2008. – 207 с.
4. Тракторы БЕЛАРУС-1523/1523В/1523.3/1523В.3: руководство по эксплуатации / под ред. И. Н. Усса. – Минск: РУП «Минский тракторный завод», 2009. – 299 с.
5. Тракторы БЕЛАРУС-2522В/2522ДВ/2822ДЦ/3022В/3022ДВ и их модификации: руководство по эксплуатации / под ред. И. Н. Усса. – Минск: РУП «Минский тракторный завод», 2008. – 395 с.
6. Трактор БЕЛАРУС-3222/3522: руководство по эксплуатации / под ред. И. Н. Усса. – Минск: РУП «Минский тракторный завод», 2010. – 376 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

### Коды неисправностей гидросистемы трактора «Беларус-1523»

Код дефекта	Описание дефекта, возможная причина, способ проверки дефекта
<b>Сложные дефекты</b>	
11	<p>Неисправность в цепи управления электромагнитным клапаном подъема. Обрыв в обмотке электромагнита или в жгутах управления электромагнитом.</p> <p>Отсоединить от электромагнита жгут и проверить тестером электромагнит на обрыв. Сопротивление электромагнита должно быть 2...4 Ом. В случае исправности электромагнита проверить жгуты управления электромагнитом на механическое повреждение и проверить тестером на обрыв провод от клеммы разъема электромагнита до клеммы электронного блока</p>
12	<p>Неисправность в цепи управления электромагнитным клапаном опускания. Обрыв в обмотке электромагнита или в жгутах управления электромагнитом.</p> <p>Отсоединить от электромагнита жгут и проверить тестером электромагнит на обрыв. Сопротивление электромагнита должно быть 2...4 Ом. В случае исправности электромагнита проверить жгуты управления электромагнитом на механическое повреждение и проверить тестером на обрыв провод от клеммы разъема электромагнита до клеммы электронного блока</p>
13	<p>Неисправность в цепи управления электромагнитным клапаном опускания или подъема.</p> <p>Короткое замыкание в одном из электромагнитов или замыкание проводов управления электромагнитами в жгутах.</p> <p>Отсоединить от электромагнита жгуты, проверить тестером электромагнит на короткое замыкание. Сопротивление электромагнита должно быть 2...4 Ом. Замерить ток потребления электромагнита, подав на него напряжение 6 В. Ток не должен превышать 3,2 А. Отсоединить разъем от электронного блока, проверить клеммы на короткое замыкание (при этом электромагниты должны быть отсоединены)</p>
14 или 15	<p>Неисправность выносных кнопок управления на подъем или опускание соответственно. Короткое замыкание проводов или залипание одной из выносных кнопок управления на подъем или опускание.</p> <p>Проверить жгуты от выносных кнопок управления подъемом ЗНУ на механическое повреждение. Поочередно отключить каждую кнопку на подъем до пропадания дефекта. При отключении кнопок необходимо глушить двигатель. Если при отсоединенных кнопках дефект не исчез, то необходимо отсоединить от электронного блока разъем и проверить тестером клеммы на короткое замыкание</p>
16	<p>Неисправность электронного блока. Стабилизированное напряжение питания, запитывающее пульт управления, ниже требуемого уровня. Возможно, произошло короткое замыкание в разъемах датчиков усилия и положения ЗНУ из-за попадания воды в разъемы.</p> <p>Отсоединить от общего жгута основной пульт управления. Замерить стабилизированное напряжение питания на контактах (минус и плюс) разъема пульта, которое должно быть от 9,5 до 10 В (двигатель должен быть запущен)</p>

Код дефекта	Описание дефекта, возможная причина, способ проверки дефекта
	<p>При пониженном напряжении питания, либо отсутствии такового, необходимо проверить надежность подключения разъема электронного блока. Поочередно отсоединить датчики усилия и положения ЗНУ</p>
<b>Средние дефекты</b>	
22	<p>Неисправность датчика положения. Обрыв провода датчика, датчик не подсоединен или не отрегулирован.</p> <p>1. Нарушена регулировка датчика положения. Отсоединить разъем жгута от датчика. Вывернуть датчик. Поднять ЗНУ в крайнее верхнее положение при помощи выносных кнопок или кнопки на электромагните «Подъем» (нижнем электромагните). Завернуть датчик от руки до упора и вывернуть на два оборота. Подсоединить разъем жгута к датчику. С пульта управления опустить и поднять в крайнее верхнее положение ЗНУ. Сигнализатор подъема должен погаснуть. Если сигнализатор горит, необходимо повернуть на 1/6 оборота датчик положения. Повторно проверить работу системы. При необходимости (сигнализатор подъема не гаснет в верхнем положении ЗНУ) снова повернуть датчик и повторить проверку. При правильной регулировке ЗНУ с пульта управления должно опускаться и подниматься в крайнее положения. В крайнем верхнем положении после подъема ЗНУ сигнализатор подъема должен погаснуть.</p> <p>2. Неисправен датчик положения. 2.1. Проверить работоспособность датчика положения фирмы «BOSCH», демонтировав его с трактора. Согласно электрической схеме необходимо подать питание 10 В (при отсутствии источника питания допускается кратковременно подать 12 В с аккумуляторной батареи): на вывод «Масса» (минус), а на вывод «+» (плюс) и, нажимая пальцем на шток датчика, измерить напряжение на выходе с датчика тестером: между выводом «Сигнал» и выводом «Минус». При полном перемещении штока датчика напряжение на выходе должно изменяться в пределах от 0,2 до 0,75 В от напряжения питания к датчику. Если указанные параметры не выдерживаются, необходимо установить на трактор новый датчик и выполнить его регулировку. 2.2. Проверить работоспособность датчика ДП-01 завода «Измеритель», демонтировав его с трактора, невозможно. Если выполнение регулировки датчика ДП-01 к устранению дефекта не привели, необходимо установить на трактор новый датчик ДП-01 и выполнить его регулировку.</p> <p>3. Неисправность (обрыв) в жгуте в цепи датчика. Проверить жгут согласно схеме</p>
23	<p>Неисправность пульта управления. Неисправен потенциометр рукоятки глубины обработки почвы.</p> <p>Проверить надежность подключения разъемов пульта управления и электронного блока, а также проверить жгут на механическое повреждение. Проверить выходное напряжение согласно электрической схеме</p>
24	<p>Неисправность пульта управления. Неисправен потенциометр рукоятки ограничения высоты подъема навески.</p> <p>Проверить надежность подключения разъемов пульта управления и электронного блока, а также проверить жгут на механическое повреждение. Проверить выходное напряжение согласно электрической схеме</p>

Код дефекта	Описание дефекта, возможная причина, способ проверки дефекта
28	Неисправность пульта управления. Неисправна рукоятка управления ЗНУ. Проверить надежность подключения разъемов пульта управления и электронного блока, а также проверить жгут на механическое повреждение. Проверить выходное напряжение согласно электрической схеме
31 и 32	Неисправность правого или левого датчика усилия соответственно. Разрыв кабеля или короткое замыкание датчика. Чтобы определить, какого рода данная неисправность – неисправность самого датчика или жгута (в цепи к датчику), необходимо отсоединить разъемы от жгута к датчикам (левому и правому) и поменять их местами (разъем от левого датчика к каналу правого датчика и разъем от правого датчика к каналу левого датчика). Если после этого код неисправности поменялся (с 31 на 32 или с 32 на 31), то неисправен датчик, если код неисправности сохранился – неисправен жгут
<b>Легкие дефекты</b>	
34	Неисправность пульта управления. Неисправен потенциометр регулирования скорости опускания ЗНУ. Проверить надежность подключения разъемов пульта управления и электронного блока, а также проверить жгут на механическое повреждение. Проверить выходное напряжение согласно электрической схеме
36	Неисправность пульта управления. Неисправен потенциометр рукоятки выбора способа регулирования: силовой – позиционный – смешанный. Проверить надежность подключения разъемов пульта управления и электронного блока, а также жгут на механическое повреждение. Проверить выходное напряжение согласно электрической схеме
Код не выдается	Самопроизвольный подъем ЗНУ после запуска двигателя. «Зависание» золотника, «Подъем» регулятора в открытом положении. Отсоединить колодки жгута с электромагнитов «Подъем» и «Опускание». Если дефект проявляется по-прежнему, устранить неисправность в гидросистеме

## Приложение 2

**Перечень составных частей комплекта средств для проверки  
и регулировки гидроагрегатов КИ-28084М**

№ п/п	Наименование	Обозначение в комплекте	Кол-во	Маркировка в комплекте
1	2	3	4	5
1	Дроссель-расходомер	КИ-1097-1 (ДР-90М)	1	–
2	Манометр	МПЗ-У 25 МПа	1	–
3	Заглушка сферическая	M27×1,5	2	(10)
4	Манометр	МПЗ-УУ2 60 МПа	1	–
5	Манометр	МПЗ-УУ2 4 МПа	1	–
6	Индикатор загрязненности ИЗЖ	КИ-28067	1	–

1	2	3	4	5
7	Бесконтактный измеритель температуры	«CENTER» или аналог	1	–
8	Автостетоскоп	КИ-28136	1	–
9	Штуцер	M27×1,5 – M39×1,5	1	(1)
10	Штуцер ввертной	M20×1,5 – K1/4"	1	(2)
11	Заглушка	M20×1,5	1	(3)
12	Штуцер ввертной	M20×1,5 – K1/8"	1	(4)
13	Заглушка	M27×1,5	1	(5)
14	Переходник	M27×1,5 – K1/4"	1	(6)
15	Штуцер ввертной	M27×1,5 – M33×1,5	1	(7)
16	Штуцер ввертной	M27×1,5 – M24×1,5	1	(8)
17	Штуцер	M20×K5 – M27×1,5	1	(9)
18	Штуцер	M27×1,5 – M27×1,5	2	(11)
19	Штуцер	M20×1,5 – M27×1,5	1	(12)
20	Штуцер	M27×1,5 – M52×1,5	1	(13)
21	Заглушка сферическая	M20×1,5	1	(14)
22	Штуцер ввертной	M20×1,5 – M20×1,5	1	(15)
23	Штуцер переходной	M20×1,5 – M27×1,5	1	(16)
24	Штуцер	M20×1,5 – M27×1,5	1	(17)
25	Штуцер	M20×1,5 – M24×1,5	1	(18)
26	Штуцер	M20×1,5 – M22×1,5	1	(19)
27	Запорный клапан-переходник	M14×1,5 – M27×1,5	1	(20)
28	Штуцер	M14×1,5 – 7/16" – 20UNF-2A	1	(21)
29	Трубка высокого давления	M14×1,5 – M14×1,5	2	(22)
30	Трубка высокого давления	M14×1,5 – M14×1,5	1	(23)
31	Заглушка сферическая	M30×1,5	1	(24)
32	Тройник (большой)	M27×1,5 – M27×1,5 – M14×1,5	1	(30)
33	Тройник (средний)	M20×1,5 – M20×1,5 – M14×1,5	1	(31)
34	Тройник (малый)	M16×1,5 – M14×1,5	1	(32)
35	Заглушка	M30×1,5	1	(33)
36	Переходник	M27×1,5 – M45×2	1	(34)
37	Тройник	нар. M10×1 – вн. M12×1	1	(35)
38	Мановакуумметр	МВПЗ-УУ2 1...5 кгс/см <sup>2</sup>	1	–
39	Переходник	M12×1,5 – K1/8"	1	(36)
40	Переходник	нар. M10×1 – вн. M12×1	1	(37)
41	Переходник	нар. M12×1,5 – вн. M10×1	1	(37)
42	Переходник	M14×1,5 – K1/8"	1	(40)
43	Переходник	K1/8" – K3/8"	1	(41)
44	Рукав высокого давления	12-25-0850 (M20×1,5)	1	(43)
45	Рукав низкого давления с ниппелем и накидной гайкой	L = 1,8...2 м, M27×1,5	1	(44)
46	Рукав высокого давления	16-20-1050 (M27×1,5)	2	(45)
47	Приспособление	КИ-6272	1	(46)
48	Заглушка сферическая	M27×1,5	4	(10)
49	Болт технологический	K3/8" – M22×1,5	1	(47)

## Техническая характеристика элементов гидравлической системы тракторов «Беларусь»

Параметр	Значение						
	«Беларус-82.1»	«Беларус-820, 920»	«Беларус-1221»	«Беларус-1523»	«Беларус-2022»	«Беларус-3022»	«Беларус-3522»
1. Тип насоса	Шестеренный НШ32	Шестеренный НШ32	Шестеренный НШ32	Шестеренный НШ32, УКФ-3, Д-3	Шестеренный НШ32	Регулируемый «Donaldson» A10CN045	Регулируемый «Donaldson» A10CN063
2. Номинальная производительность насоса, л/мин	45	45	53	55	56	От 0 до 120	От 0 до 120
3. Давление настройки предохранительного клапана, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	18...20	18...20	18...20	18...20	20 ± 2	20,5 ± 0,5	20,5 ± 0,5
4. Давление срабатывания автовозврата золотника, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	17,5...19,5	17,5...19,5	17,5...19,5	17,5...19,5	19,5 ± 2	20,0 ± 0,5	20,0 ± 0,5
5. Клапан слива в корпусе фильтра, МПа	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,4	0,4
6. Гидрораспределитель	РП70; Р80	РП70; Р80; RS 213	РП70; Р80	«BOSH» R917001488; РП70-1523.1	«BOSH» R917001488; РП70-1523.1	«BOSH» R917000145	«BOSH» R917010056
7. Гидроцилиндры навески, мм	Ц100×200	Ц110×200 Ц125×200 2×Ц80×200	2×Ц63×200	2×Ц90×250	2×Ц90×250	2×Ц110×250 2×Ц90×250	2×Ц110×250 2×Ц90×250
8. Диаметр штока гидроцилиндра, мм	25	25	25	30	25	30	30
9. Ход штока гидроцилиндра, мм	200	200	200	250	250	250	250