



ЗАКЛЮЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТА № 20/04 от 21.04.08 г.

14 марта 2008 г. в ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг" обратился представитель ИП "Шевардов М.Ю." с просьбой провести исследование деталей двигателя автомобиля **VW Passat (Фольксваген Пассат), гос. № А 624 РУ 97 RUS, VIN: WWWZZZ3BZ1E114198**, принадлежащего г-ну Петрову Андрею Викторовичу. В соответствии с этим обращением в ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг" был открыт заказ/наряд № 177Т от 14.04.08, согласно которому было проведено исследование деталей двигателя.

Исследование деталей двигателя автомобиля **VW Passat, гос. № А 624 РУ 97 RUS, VIN: WWWZZZ3BZ1E114198** и составление настоящего заключения проводил **Хрулев Александр Эдуардович** – специалист, начальник Бюро моторной экспертизы СМЦ "АБ-Инжиниринг", эксперт-автотехник 1-й категории (сертификат эксперта-автотехника № 001.00064.К1 от 04.07.2006 г.), образование высшее, кандидат технических наук, Генеральный директор ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг", стаж работы по специальности (ремонт, конструкция и эксплуатация двигателей внутреннего сгорания) – 22 года, из них экспертом-автотехником – 4 года,

Объект исследования

Детали двигателя автомобиля **VW Passat, гос. № А 624 РУ 97 RUS, VIN: WWWZZZ3BZ1E114198**.

Заказчик исследования – ИП "Шевардов М.Ю.", т.(495) 618-0219, заказ-наряд № 177Т от 14.04.08.

Вопросы, поставленные перед экспертом:

1. Имеются ли на представленных для исследования деталях двигателя **автомобиля VW Passat, гос. № А 124 РУ 97 RUS, VIN: WWWZZZ3BZ1E114198** какие-либо недостатки, неисправности или поломки?
2. Если таковые имеются, то какова причина их возникновения?
3. Являются ли неисправности следствием нарушения правил эксплуатации или они возникли вследствие заводского брака при изготовлении деталей, наличия ошибок



при обслуживании и ремонте автомобиля, либо вследствие действий третьих лиц или непреодолимой силы?

Задачи, поставленные перед экспертом:

Провести необходимые исследования и ответить на поставленные вопросы.

Исходная информация

Эксперту для изучения предоставлены детали газораспределительного механизма, снятого с двигателя автомобиля, в том числе, распределительный вал и гидрокомпенсаторы.

Согласно информации, полученной от представителя ИП "Шевардов М.Ю.", детали были приобретены у ИП "Шевардов М.Ю." автосервисом ООО "Автомастер", при этом двигатель автомобиля VW Passat, гос. № А 624 РУ 97 RUS, VIN: WWWZZZ3BZ1E114198, проходил ремонт в ООО "Автомастер", при котором были использованы указанные детали газораспределительного механизма. После незначительного пробега после ремонта данные детали, приобретенные в ИП "Шевардов М.Ю.", были недопустимо изношены и сняты с двигателя. Согласно акта, выданного ООО "Автомастер", **"износ произошел вследствие низкого качества приобретенных деталей, и после замены их на оригинальные запчасти двигатель стал работать нормально"**.

Использованная литература

1. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Изд-во "За Рулем", М.: 1998. - 480с.
2. Хрулев А. «Если двигатель стучит», ч. 1, "Автомобиль и сервис", №8/2000.
3. Хрулев А. «Если двигатель стучит», ч. 2, "Автомобиль и сервис", №9/2000.
4. Хрулев А. «Почему застучал вкладыш», "Автомобиль и сервис", №12/2000.
5. От практики к практике. Пер. с англ. MSI Motor Service International GmbH, Neckarsulm, Германия, 2004. - 59с.

Место проведения осмотра и исследования

Москва, Балтийская ул., 13, Технический центр ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг".



При осмотре деталей двигателя установлено:

Для исследования представлены детали, в том числе, распределительный вал и 8 гидрокомпенсаторов (рис. 1).

Для ответа на первый вопрос и определения состояния деталей использовались измерительные приборы:

1. Линейка лекальная.
2. Набор щупов.

Осмотр наружной поверхности распределительного вала показал (рис. 2), что кулачки привода клапанов имеют следы явного износа, при этом изношены как рабочая, так и тыльная стороны кулачков. На рабочей поверхности кулачков на вершине наблюдается характерное "заваливание" краев (рис. 3), при котором наибольший износ наблюдается ближе к краю кулачка. При этом вершина приобретает характерный закругленный вид, с искажением формы кулачка и отклонением образующей его поверхности от прямолинейности. На стороне подъема кулачка поверхность имеет мелкие следы задиров и вырывов частиц материала, в то время как на вершине поверхность гладкая, но имеет явно выраженный износ с образованием заметной ступени в месте перехода от изношенного к мало изношенному участку на стороне сбег (рис. 4).

На тыльной стороне указанных кулачков наблюдается поверхность, характеризующаяся износом и задиром (рис. 5), сопровождаемыми характерным вырывом частиц с поверхности (питтинг). На некоторых кулачках на тыльной стороне обнаружены характерные "цвета побежалости" (рис. 6), что свидетельствует о перегреве металла.

Кулачки для привода насос-форсунок, расположенные между кулачками привода клапанов (рис. 1), не имеют видимого износа, однако заметны мелкие риски на рабочей поверхности приводных кулачков (рис. 7), образованные попаданием частиц износа в сопряжение кулачка с опорной поверхностью форсунки. Опорные шейки распределительного вала без явных признаков износа.

Ряд сопряженных с кулачками гидрокомпенсаторов значительно изношен (рис. 8), при этом максимальный износ наблюдается в средней части рабочей поверхности кулачка (рис. 9). Характерно, что центральная часть рабочей поверхности изношенных гидрокомпенсаторов имеет диаметр, соответствующий ширине кулачка. Общая величина максимального износа рабочей поверхности гидрокомпенсаторов, измеренная с помощью



лекальной линейки и набора щупов, превышает 0,8 мм (рис. 10). Боковая поверхность гидрокомпенсаторов – без явных признаков износа.

Все рабочие поверхности представленных деталей имеют высокое качество обработки (шлифовка), каких либо других недостатков представленных деталей не обнаружено.

Таким образом, в результате осмотра и измерений представленных на экспертизу деталей обнаружено, что кулачки привода клапанов распределительного вала значительно изношены как на вершине, так и на тыльной стороне, причем на некоторых кулачках имеются следы перегрева металла. Значительно изношена сопряженная с кулачками рабочая поверхность гидрокомпенсаторов, причем на некоторых деталях износ превышает 0,8 мм. Данное состояние деталей вызывает работу двигателя со стуками, потерю мощности, и при длительной эксплуатации приводит к абразивному износу всех сопряженных пар вследствие попадания частиц износа в зону сопряжения, вследствие чего эксплуатация двигателя с такими деталями недопустима.

Исследовательская часть.

Ответ на второй и третий вопросы необходимо рассмотреть особенности работы газораспределительного механизма в двигателе, а также условия, при которых мог произойти быстрый износ основных деталей механизма.

Как известно, конструкция распределительного вала, работающего в сопряжении с гидрокомпенсаторами, имеющими форму стакана с плоской рабочей поверхностью, является традиционной для многих производителей двигателей, включая концерн VW [1].

Согласно литературе [1, 3 – 7, 9] при работе двигателя кулачок распредвала набегает на стакан гидрокомпенсатора, вызывая его перемещение и открытие клапана (рис. 11). Поскольку клапан прижимается к седлу пружиной, при набегании кулачка на стакан в месте контакта возникает давление, которое тем больше, чем сильнее предварительная натяжка пружины, ее жесткость, и чем больше перемещение стакана (сжатие пружины).

Сопряжение кулачка с рабочей поверхностью стакана осуществляется в общем случае по контактной линии, в зависимости от угла поворота кулачка (рис. 12). В этом месте возникает высокое контактное давление, равное отношению усилия пружины к



площади контактной поверхности. Это контактное давление является определяющим параметром для работоспособности сопрягаемых деталей и их долговечности.

Трение сопрягаемых деталей вызывает их поверхностный нагрев, который должен предотвращаться охлаждением деталей путем подачи большого количества масла и отвода его из зоны контакта. Кроме того, масло должно выполнять непосредственно смазочную функцию, препятствуя высокому трению деталей, их нагреву, задиру и износу.

Как известно [1], все сопрягаемые детали, составляющие так называемые пары трения, должны при работе двигателя иметь хорошую смазку и охлаждение. В данном случае подача масла к сопряжению типа "кулачок-стакан" имеет комбинированный характер, т.е. обеспечивает одновременно и смазку деталей, и отвод тепла от зоны контакта с помощью масла, разбрызгиваемого из этой зоны при вращении кулачка.

В общем случае работоспособность и долговечность деталей сопряжения зависит от следующих факторов:

1. **Материалы деталей**, их физико-химические свойства, в том числе, поверхностная твердость, а также химический состав. В общем случае для сопряжений данного вида используются стальные детали или сочетание стальной и чугунной детали, причем твердость поверхности, как правило, превышает 55 единиц по Роквеллу (HRC более 55).

2. **Качество механической обработки деталей**. В общем случае, чем выше чистота поверхности и меньше отклонения формы поверхности (к примеру, непараллельность образующей кулачка оси вращения распредвала или неперпендикулярность боковой поверхности стакана его торцу), тем выше долговечность детали.

3. **Нагрузки на детали**, в частности, усилие пружины клапана. В общем случае, чем меньше усилие, тем выше долговечность пары, поскольку это ведет к снижению контактного давления и трения в сопряжении. Значительное влияние на трение и износ оказывает скорость взаимного скольжения деталей. Так, к примеру, чем выше частота вращения распределительного вала, тем выше ударные нагрузки в механизме и, соответственно, в зоне контакта.

4. **Условия смазки и охлаждения**, связанные с количеством подаваемого масла. Очевидно, чем больше масла подается, тем лучше охлаждение зоны контакта деталей. С другой стороны, подача необходимого количества масла создает на сопрягаемых поверхностях так называемый эффект "масляного клина" [1,2,3,4], когда масло затягивается между деталями и препятствует их непосредственному соприкосновению (рис. 13), что значительно снижает трение и износ деталей в зоне сопряжения.



Поскольку в данном сопряжении масло не подается в зону контакта под давлением, режим трения деталей является полужидкостным или даже граничным [1,3,4], при котором происходит выжимание масла из зоны контакта, и возникает непосредственный контакт сопряженных поверхностей по микровершинам (рис. 14). В таком режиме масло находится только во впадинах микронеровностей, а работоспособность деталей во многом определяется свойствами самого материала деталей пары.

Кроме того, при больших скоростях скольжения деталей вследствие отсутствия масляной пленки, разделяющей детали, роль материала и эффективного охлаждения зоны сопряжения значительно возрастает, поскольку рост скорости скольжения приводит в общем случае к росту сил трения и нагрева деталей.

5. Физико-химические свойства масла. Большое влияние на работоспособность и долговечность пары трения оказывает вязкостно-температурные свойства масла, т.е. зависимость вязкости масла от температуры. В общем случае, чем выше вязкость масла при рабочей температуре двигателя, тем более стабильна масляная пленка, разделяющая детали, что может уменьшить износ и увеличить долговечность пары. С другой стороны, чрезмерно вязкое масло, в случае разрыва масляной пленки и непосредственного соприкосновения деталей по микронеровностям, может ухудшить охлаждение деталей за счет недостаточного поступления такого масла к зоне трения. Кроме того, масло должно содержать необходимый для нормальной работы сопряжения пакет присадок, включая противоизносные и противозадирные присадки. Низкое качество масла, в том числе, недостаток присадок, может привести к быстрому выходу деталей пары из строя вследствие задиров при соприкосновении поверхностей.

Учитывая полученные требования к сопрягаемым деталям и условиям их работы, можно рассмотреть влияние указанных выше факторов применительно к случаю износа деталей, представленных на экспертизу.

Как известно, 4-цилиндровые дизельные двигатели концерна VW имеют сходную конструкцию газораспределительного механизма, включая распределительный вал и стаканы гидрокомпенсаторов. Однако у исследуемого двигателя, в отличие от двигателей других моделей, диаметр кулачков существенно (практически в 2 раза) больше, что связано с необходимостью компоновки привода насос-форсунок между кулачками распредвала. Практически все остальные узлы исследуемого двигателя и двигателей других моделей, включая детали и элементы цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного механизма и системы смазки, идентичны.



Существующая практика эксплуатации и ремонта двигателей концерна VW прошлых лет выпуска показывает, что при небольших размерах кулачка распредвала на этих двигателях практически не встречаются какие-либо случаи быстрого износа кулачков и стаканов гидрокомпенсаторов независимо от фирмы-производителя этих деталей. Вместе с тем в ремонтной практике уже отмечены многочисленные случаи ускоренного износа аналогичных деталей для дизелей с насос-форсунками, имеющими кулачки распредвала большого диаметра. По мнению эксперта, этот факт свидетельствует в 1-ю очередь не о некачественных комплектующих, а в значительной степени о нарушении смазки и охлаждения деталей, присущих именно конструкции с увеличенными размерами кулачков.

В самом деле, для исследуемого двигателя характерна ситуация, когда при ремонте возникла необходимость замены распределительного вала, или ремонт непосредственно был вызван необходимостью замены распредвала, в то время как для двигателей традиционной конструкции случаи необходимости замены распредвала достаточно редки и, как правило, не связаны с износом кулачков.

Анализ представленных на экспертизу деталей не выявил каких либо признаков низкого качества их механической обработки. Более того, исследования, проведенные в лаборатории завода ММЗ "ЗИА" (рис. 15), показали, что на всех рабочих поверхностях представленных деталей твердость имеет весьма высокий уровень (HRC более 55-57 на всех рабочих поверхностях, кроме средней части чрезмерно изношенных стаканов), что свидетельствует, напротив, о вполне высоком уровне качества изготовления указанных деталей. Таким образом, **утверждение о том, что данные детали имеют брак, прямо не подтверждается результатами проведенных исследований.**

Вместе с тем, эксперт не исключает полностью, что на износ могло повлиять определенное сочетание материалов распределительного вала и стаканов гидрокомпенсаторов, при котором произошло ускоренное изнашивание деталей, однако с учетом указанных выше уже известных из практики случаев быстрого износа этих деталей более вероятной представляется другая причина.

Кулачки исследуемого распредвала, как уже было сказано, имеют значительно больший диаметр, чем в традиционных конструкциях. Это значит, что скорость скольжения кулачка по рабочей поверхности толкателя в исследуемом двигателе пропорционально выше. Таким образом, для данных условий будут характерны не только



высокие скорости скольжения, но и более высокие требования к смазке и охлаждению сопряженных деталей.

Требования качественной смазки и хорошего охлаждения при высокой скорости скольжения кулачка на практике означают, что:

1. Двигатель должен иметь исправный маслонасос, редукционный клапан, а также номинальные зазоры во вкладышах подшипников коленчатого вала, в противном случае давление и подача масла в головку блока будут понижены, что может быть определяющим фактором быстрого износа кулачков и стаканов гидрокомпенсаторов независимо от производителя этих деталей.
2. Повышенное давление масла, связанное, к примеру, с подклиниванием редукционного клапана маслосистемы в закрытом положении (встречается у двигателей VW), также может вызвать ускоренный износ кулачков и стаканов гидрокомпенсаторов. При этом будет наблюдаться значительный износ тыльной стороны кулачков, поскольку именно на эту сторону будет повышенное давление со стороны стакана гидрокомпенсатора, испытывающего повышенное давление масла. Косвенно такая картина подтверждается наблюдаемым износом и перегревом тыльной стороны кулачков.
3. Применяемое масло должно иметь высокое качество, необходимый комплекс присадок и стабильную по температуре вязкость. В частности, для данного двигателя не может быть рекомендовано масло с чрезмерно низкой вязкостью по SAE типа 0W30, 5W30, 10W30 или аналогичное, которое может вызвать ускоренный износ из-за низкой несущей способности (прочности) масляной пленки.
4. Количество масла в двигателе должно быть достаточно для нормальной работы системы смазки, в противном случае возникнут условия недостаточной смазки, последствия которых изложены выше.

Общий вывод из указанных замечаний следующий: **двигатель с кулачками большего размера, чем у двигателя традиционной конструкции, более чувствителен к качеству смазки** именно в плане работоспособности и долговечности кулачков и сопряженных с ними стаканов гидрокомпенсаторов.

К сожалению, эксперту для исследования не были предоставлены прочие детали двигателя, в том числе детали кривошипно-шатунного механизма и системы смазки, поэтому окончательно подтвердить или опровергнуть любую из рассмотренных причин не представляется возможным. Однако, учитывая результаты измерения твердости деталей,



наиболее вероятной причиной износа деталей является нарушение в системе смазки двигателя. Косвенно этот подтверждается также и указанным выше перегревом кулачков.

Без исследования прочих деталей двигателя не представляется возможным точно ответить и на вопрос о том, с чем могут быть связаны эти нарушения смазки – с нарушениями правил эксплуатации, некачественным ремонтом и несвоевременным обслуживанием двигателя или его общим износом, вызванным большим пробегом. Причины, связанные с действиями третьих лиц или непреодолимой силы, представляются эксперту маловероятными и не подтверждаемыми имеющимися фактами.

ВЫВОДЫ

1. В исследуемом двигателе автомобиля VW Passat, гос. № А 624 РУ 97 RUS, VIN: WWWZZZBZ1E114198 обнаружено, что кулачки привода клапанов распределительного вала значительно изношены как на вершине, так и на тыльной стороне, причем на некоторых кулачках имеются следы перегрева металла. Значительно изношена сопряженная с кулачками рабочая поверхность гидрокомпенсаторов, причем на некоторых деталях износ превышает 0,8 мм.
2. Измерения твердости рабочих поверхностей деталей, а также анализ их внешнего вида не выявили каких-либо явных фактов, свидетельствующих о браке и/или низком качестве производства исследованных деталей.
3. Проведенными исследованиями установлено, что данная конструкция распределительного механизма двигателя имеет повышенную чувствительность к качеству смазки, что связано с большими скоростями скольжения кулачков по рабочим поверхностям стаканов гидрокомпенсаторов.
4. Наиболее вероятной причиной износа деталей, по мнению эксперта, является нарушение работы системы смазки, вызванное недостаточной подачей и давлением масла из-за износа маслососа и/или подшипников коленчатого вала, низким уровнем масла, применения некачественного



масла или масла с характеристиками, несоответствующими нормальной работе сопряжения кулачков распредвала со стаканами гидрокомпенсаторов.

5. В связи с непредоставлением эксперту для исследования прочих деталей двигателя точно ответить на вопрос, с чем связаны нарушения в системе смазки – с нарушениями правил эксплуатации, некачественным обслуживанием и ремонтом или общим износом двигателя, не представляется возможным.
6. Другой, но менее вероятной, причиной дефекта, по мнению эксперта, могло стать неудачное сочетание материалов распределительного вала и гидрокомпенсаторов (к примеру, если эти детали были изготовлены разными производителями). Однако точно подтвердить или опровергнуть это предположение можно только путем сложных металлографических исследований представленных деталей в сравнении с оригинальными, ранее установленными в двигателе, что вследствие большой сложности выходит за рамки настоящего исследования.
7. Причины, связанные с действиями третьих лиц или непреодолимой силы, представляются эксперту маловероятными и не подтверждаемыми имеющимися фактами.
8. Исходя из полученных результатов, простая установка новых деталей взамен изношенных без полной ревизии системы смазки и состояния кривошипно-шатунного механизма для данного двигателя может привести к ускоренному износу новых распределительного вала и гидрокомпенсаторов независимо от фирмы-изготовителя этих деталей.

Эксперт-автотехник 1-й категории,

кандидат технических наук,

Ген.директор ООО "СМЦ "АБ-Инжиниринг" _____ А.Э.Хрулев



ПРИЛОЖЕНИЕ



Рис. 1. Детали газораспределительного механизма, представленные для исследования.



Рис. 2. Износ кулачков распределительного вала.



Рис. 3. Характерное "заваливание" краев вершины изношенного кулачка.

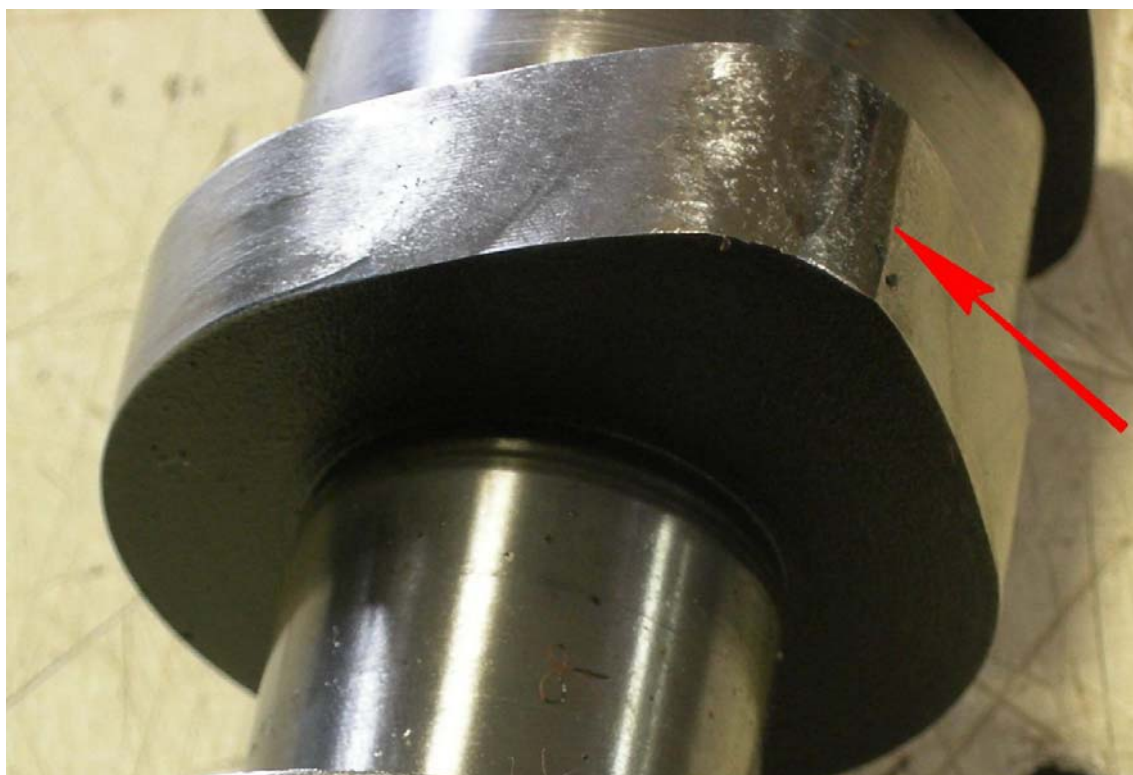


Рис. 4. Характерная "ступень" на изношенной вершине кулачка.

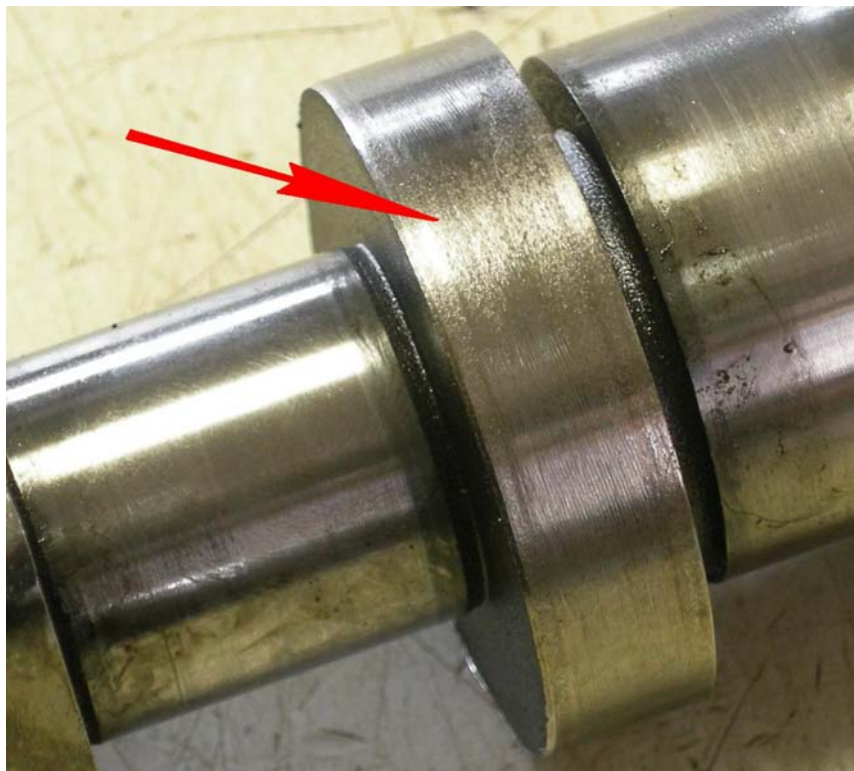


Рис. 5. Износ тыльной стороны кулачка.

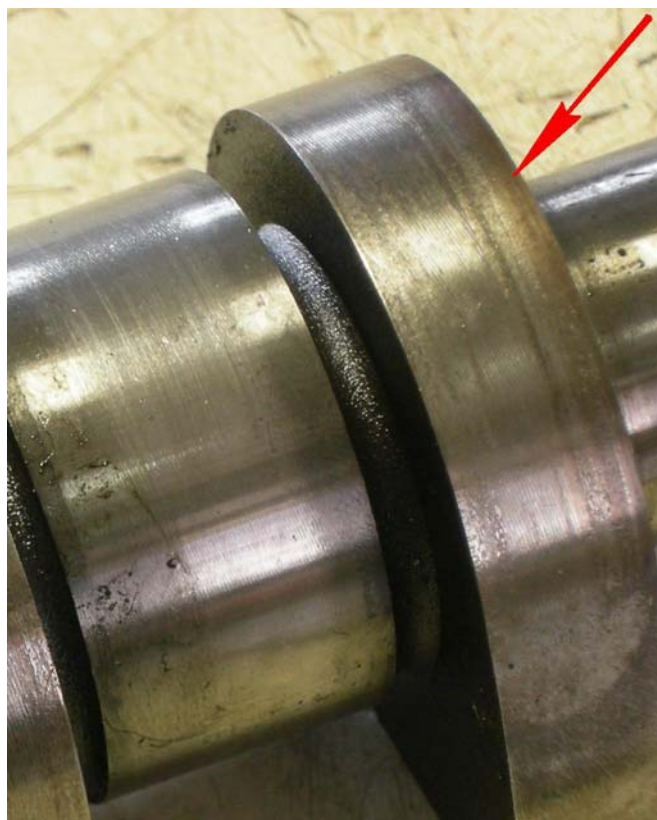


Рис. 6. Цвета "побежалости" на тыльной поверхности кулачка, свидетельствующие о перегреве деталей.

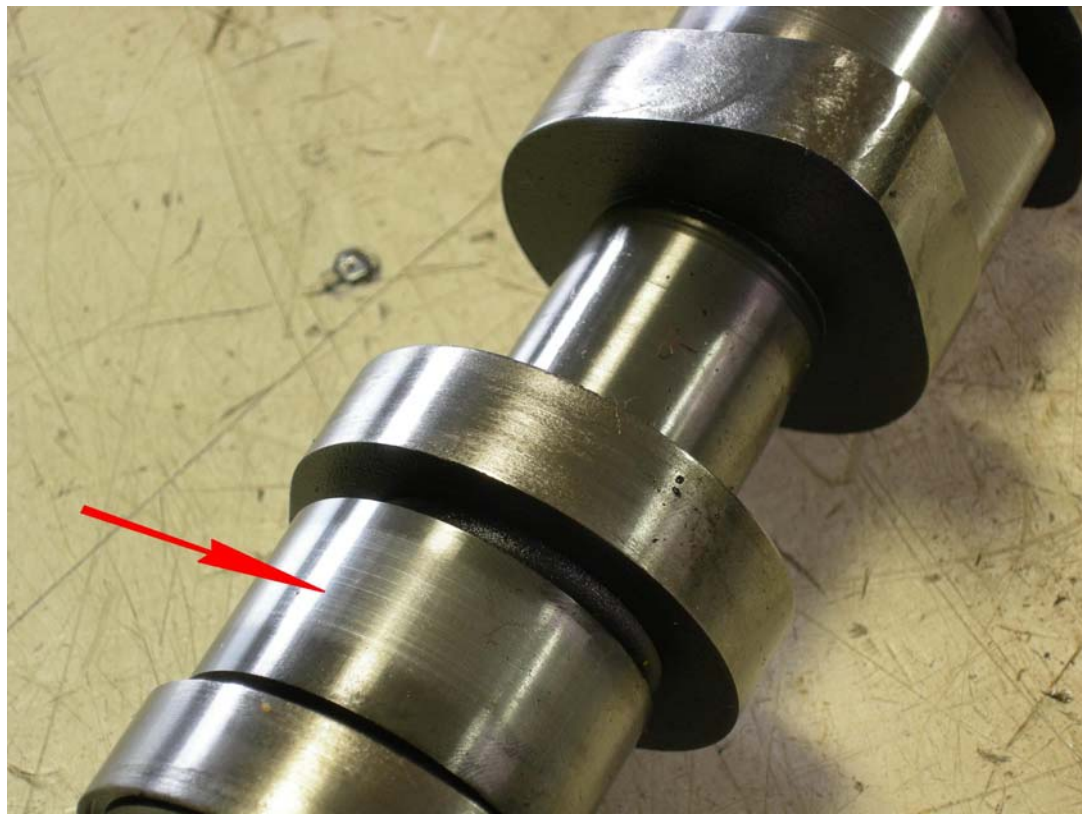


Рис. 7. Следы абразивного износа на кулачке привода насос-форсунки.



Рис. 8. Износ стаканов гидрокompенсаторов.



Рис. 9. Сильный износ средней части рабочей поверхности стакана.



Рис. 10. Глубина износа рабочей поверхности гидрокомпенсатора.

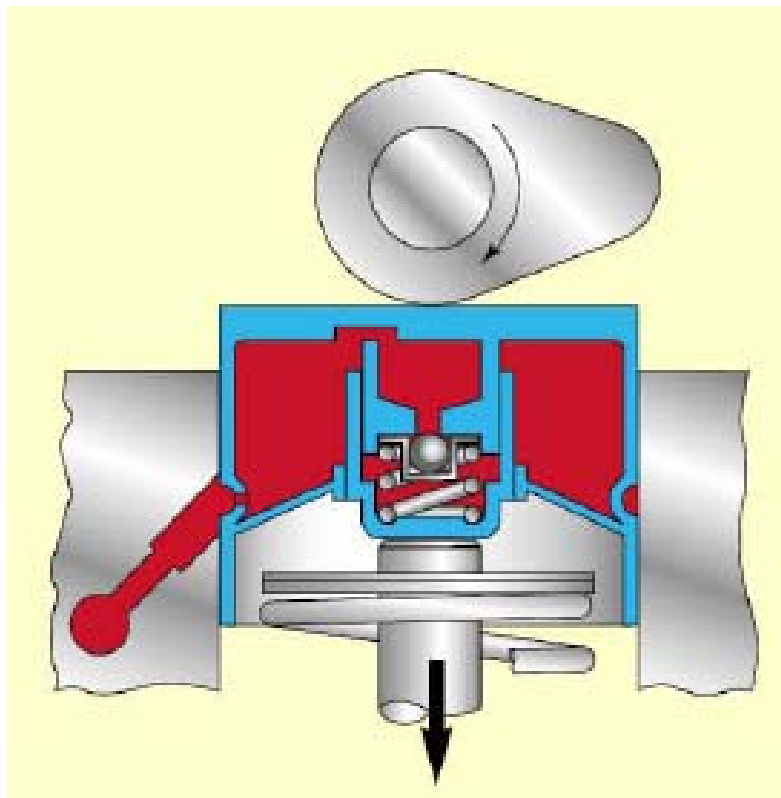


Рис. 11. Схема работы кулачка с гидрокомпенсатором.

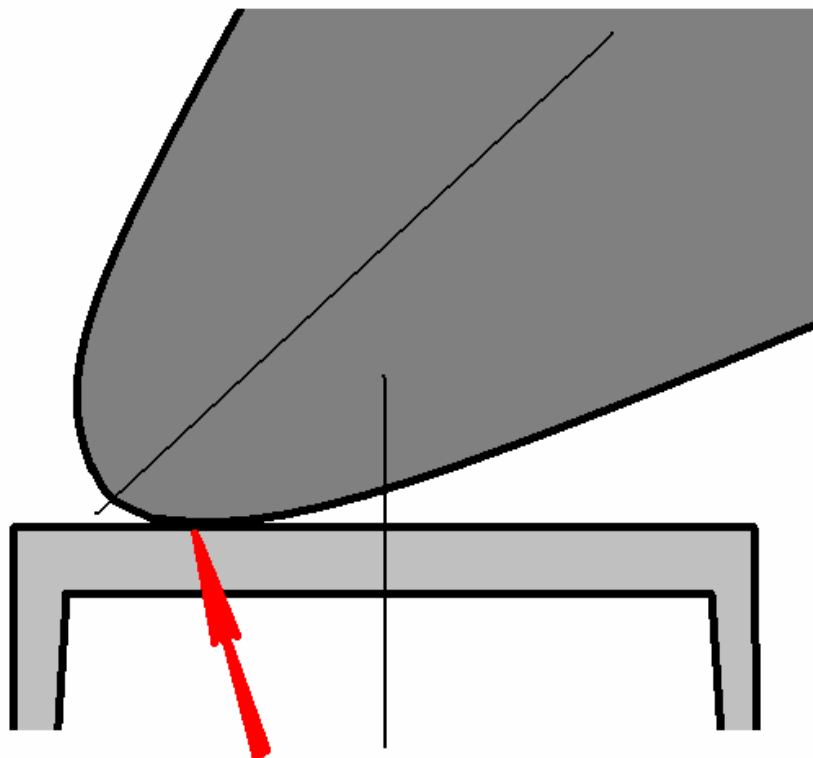


Рис. 12. Контактная линия сопряжения кулачка со стаканом гидрокомпенсатора.

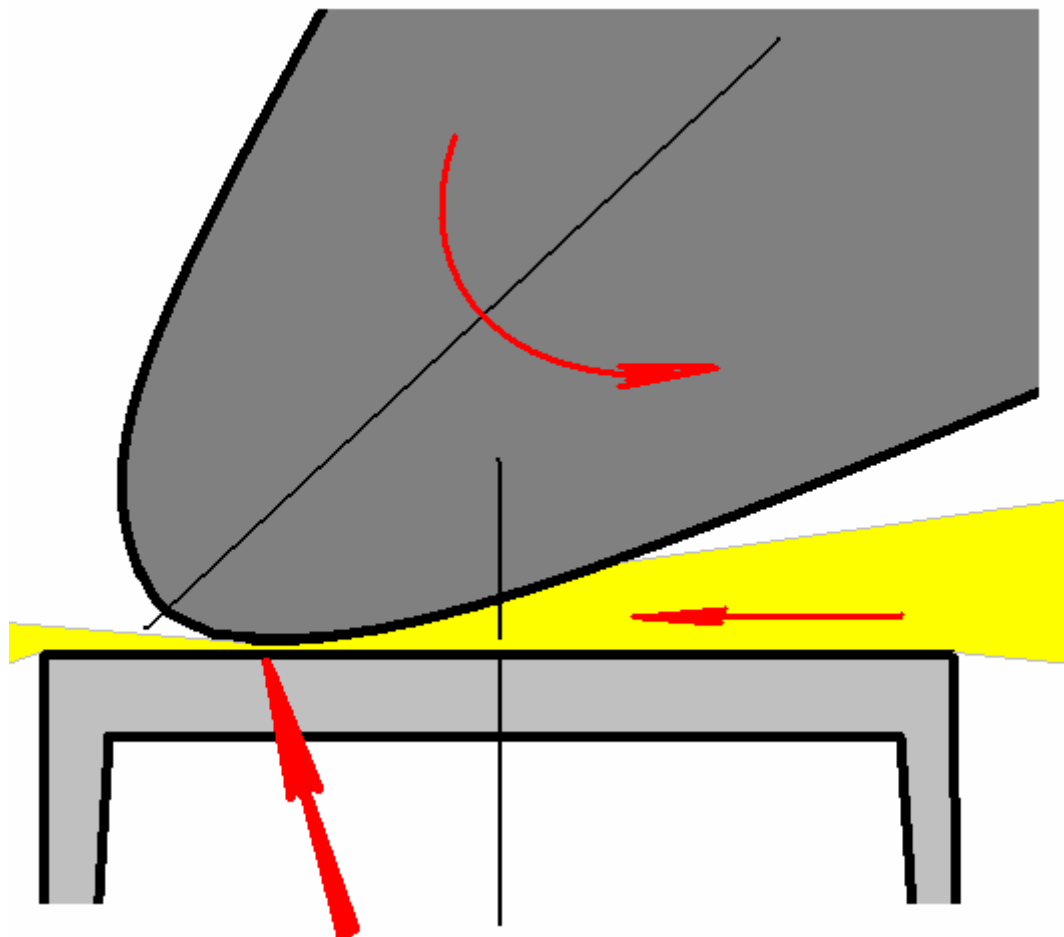
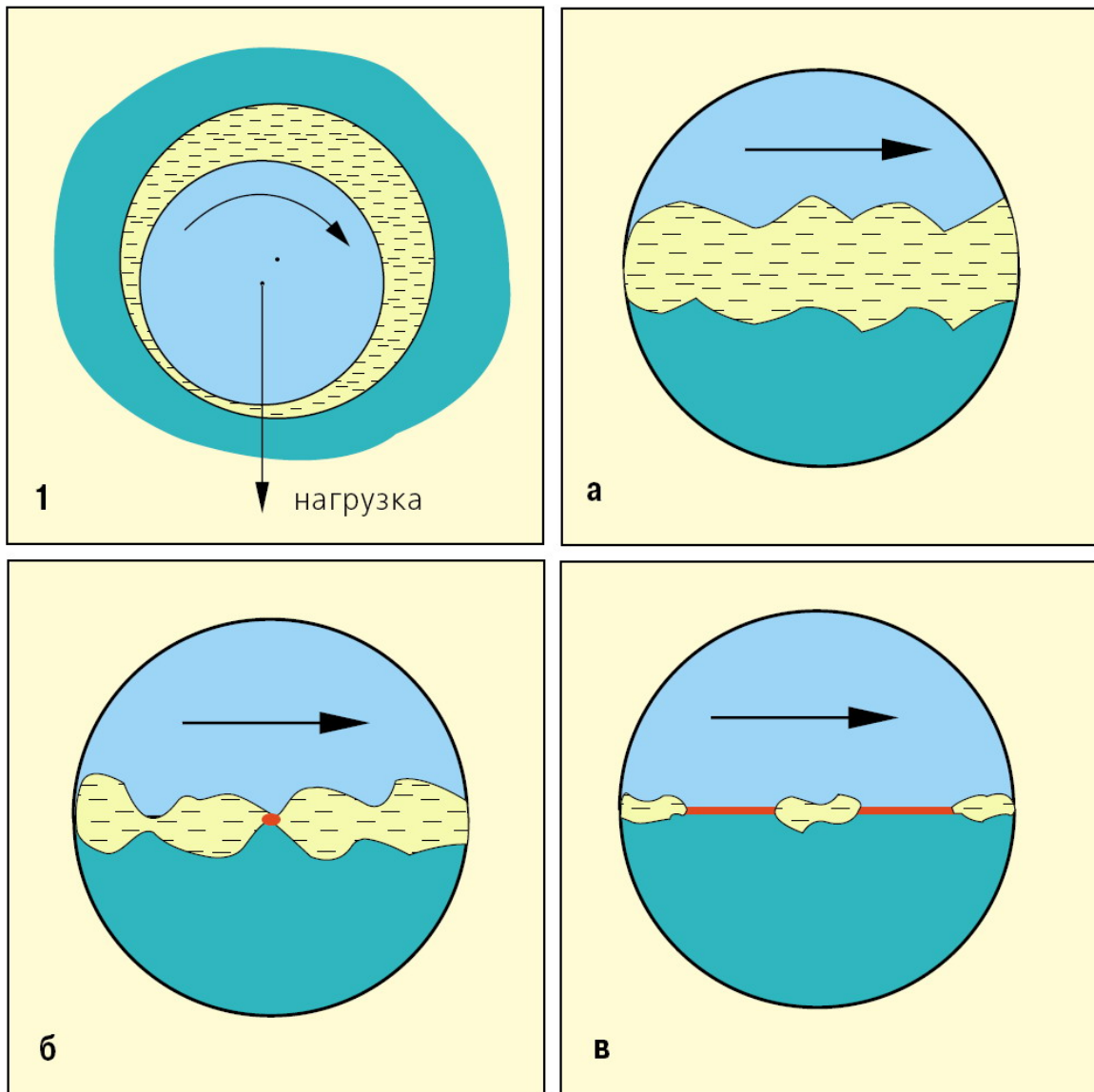


Рис. 13. Эффект "масляного клина" при принудительной подаче масла в зону сопряжения кулачка со стаканом.



1. Масляный клин образуется в подшипнике при вращении вала и смещении его под нагрузкой эксцентрично отверстию

Основные режимы работы подшипников скольжения:
а. Жидкостная смазка в условиях нормальной эксплуатации,
б. Полужидкостное трение – поверхности вала и подшипника соприкасаются по микронеровностям,
в. Граничное трение – масляная пленка практически отсутствует

Рис. 14. Основные режимы трения сопряженных деталей.



Отдел № 19	СВИДЕТЕЛЬСТВО		№ 345
Объект	ОАО ММЗ "Зис" Деталь "Стакан" - 2шт. Вал (Кулачок)		Дата исследования _____ 199 г.
Кому			
№	РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ		
	Проверена твердость на дет. "Стакан" согласно эскизу Стакан №1 HRC=56. Стакан №2 (с износом) середина HRC 41,5, край HRC 58. Твердость вала (средний кулачок) по вершинке (с износом) - HRC=57. Прибор для замера твердости "Роквелл" ТПР.		
Ст. лаборант	Начальник отдела № 19 Начальник металлографич. отдела		574-2000

Рис. 15. Результаты измерения твердости кулачка и стаканов.