

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения

(наименование института полностью)

кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей
(наименование)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему: Повышение эффективности методики исследования и оценки
технического состояния двигателей внутреннего сгорания автотранспортных
средств в рамках проведения автотехнических экспертиз

Студент

А.Ю. Денисов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Е. Епишкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Аннотация

Бакалаврскую работы выполнил: Денисов Анатолий Юрьевич.

На тему: «повышение эффективности методики исследования и оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств в рамках проведения автотехнических экспертиз».

Научный руководитель: Епишкин Вячеслав Евгеньевич.

Цель работы - на основе применения современных методов и подхода к алгоритму автотехнического исследования и обобщения круга источников получить знания об особенностях технического исследования неисправностей и выработке эффективной методики исследования и оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств в рамках проведения автотехнических экспертиз.

Предмет исследования – методика автотехнического исследования двигателя.

Бакалаврская работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

Во введении изложена актуальность выбранной темы, объект, предмет исследования, обзор использованной литературы.

В первой главе бакалаврской работы освещены теоретические основы действующих типовых методик экспертного автотехнического исследования неисправностей двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств.

Во второй главе бакалаврской работы рассмотрены основные этапы автотехнического исследования двигателя и меры повышения их эффективности.

В третьей главе проведен анализ мер эффективности исследования технического состояния двигателя на примере автотехнической экспертизы автомашины Мерседес Бенц GLK350.

В заключении бакалаврской работы подведены итоги проведенного анализа и оценки методов исследования технического состояния двигателя, в обобщенном виде изложены выводы рассмотренных вопросов.

Практическая значимость работы заключается в наличии возможности, позволяющей существенно повысить достоверность исследований причин возникновения неисправностей двигателей и снизить затраты на выявление и устранение как самих дефектов, так и их последствий.

Оглавление

Введение.....	5
Глава 1. Анализ действующих типовых методик экспертного автотехнического исследования неисправностей двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств.....	7
1.1. Общие закономерности действующих методик исследования неисправностей двигателя в рамках автотехнической экспертизы	7
1.2. Особенности методики исследования и выявления производственных дефектов и их влияние на исследование причин неисправностей двигателей автотранспортных средств.....	14
Глава 2. Основные этапы автотехнического исследования двигателя и меры повышения их эффективности.....	23
Глава 3. Анализ мер эффективности исследования технического состояния двигателя на примере автотехнической экспертизы автомобиля Мерседес Бенц GLK350.....	40
Заключение.....	61
Список используемых источников.....	64
Приложение А Технологическая карта.....	68
Приложение Б Сравнение моделей диагностических сканеров.....	73
Приложение В Сравнение моделей гайковертов.....	77

Введение

Вопросы повышения надежности остаются актуальными на автомобильном транспорте с момента его появления и уже на протяжении многих лет. Однако особое значение они начали приобретать в связи с развитием и постепенным совершенствованием автомобилей, улучшением их эксплуатационных и экологических характеристик. Тем не менее, несмотря на достаточные возможности электронной диагностики определение причин неисправностей двигателей транспортных средств, если они по каким-либо причинам вышли из строя раньше положенного срока, продолжает оставаться серьезной проблемой. Некоторые виды неисправностей двигателей продолжают оставаться скрытыми для электронной диагностики, которая точно так же, как и несколько лет назад по-прежнему не может их распознать. В таких условиях возрастает роль эксперта, который применив свой опыт и знания, может провести соответствующие исследования и установить причину неисправности. Решение такой диагностической задачи в условиях постоянного усложнения конструкции автомобильной техники требует от эксперта глубоких профессиональных знаний в области конструкции агрегатов и систем автомобильной техники, технологии их изготовления, ремонта и обслуживания, правил технической эксплуатации, видов дефектов и неисправностей, причин и механизмов возникновения неисправностей, современных методов исследования.

В результате причина неисправности часто определяется неправильно, что запускает новый круг проблем, уже юридических, обусловленных неверно установленной ответственностью того или иного типа за выявленную неисправность. В связи с этим актуальность данной работы представляется достаточно высокой, а результаты, позволяющие выявлять причины не только эксплуатационных неисправностей, но и производственных дефектов двигателей автомобилей, имеют очевидную практическую значимость.

Анализ действующих типовых методик экспертного автотехнического исследования неисправностей двигателей представлять особый интерес для практики, поскольку позволяет существенно повысить достоверность исследований причин возникновения неисправностей и снизить затраты на выявление и устранение как самих дефектов, так и их последствий.

Цель работы состоит в том, чтобы на основе применения современных методов и подхода к алгоритму автотехнического исследования и обобщения широкого круга разнообразных источников получить знания об особенностях технического исследования неисправностей и выработке эффективной методики исследования и оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств в рамках проведения автотехнических экспертиз. Достижение поставленной цели обусловило постановку и решение следующих задач:

- выявить и анализировать особенности действующих методик исследования неисправностей двигателя в рамках автотехнической экспертизы.

- установить особенности выявления производственных дефектов и их влияние на исследование причин неисправностей двигателей внутреннего сгорания.

- выделить этапы автотехнического исследования двигателя и меры повышения их эффективности.

- определить и изучить методику проведения автотехнического исследования технического состояния на примере анализа экспертного исследования неисправностей двигателя автомашины Мерседес Бенц GLK350.

Глава 1. Анализ действующих типовых методик экспертного автотехнического исследования неисправностей двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств

1.1 Общие закономерности действующих методик исследования неисправностей двигателя в рамках автотехнической экспертизы

Двигатель автомобиля является одним из наиболее сложных агрегатов, который требует при эксплуатации должного обслуживания и ремонта квалификации работников ремонтных предприятий.

Поэтому неудивительно, что при последующем проведении технической экспертизы неисправностей возникают непреодолимые трудности в определении их причин, по которым эксплуатация, обслуживание и ремонт двигателей, а затем и экспертные исследования превращаются иной раз в серьезную проблему.

Нередко специалисты сервисных центров не могут проанализировать признаки неисправности, найти ее причины и правильно выбрать способ и технологию ремонта. Во многих случаях это приводит к неоправданному удорожанию ремонта за счет замены лишних вполне пригодных к дальнейшему использованию деталей или, напротив, к исправлению лишь тех дефектов, которые лежат на поверхности, без устранения причин, их вызывающих.

Помимо указанных несоответствий в ремонтной практике и в экспертных исследованиях, приводящих к ошибкам в определении причины неисправности и ее устранении, имеется также определенный разрыв между теорией и практикой. Так, многие теоретические исследования экспертов частично, а иногда и полностью не соответствуют практике конструирования, эксплуатации и ремонта. В то же время работники станций технического обслуживания и ремонта далеко не всегда могут правильно установить причины поломки, если у них нет соответствующего опыта, они не видели

признаков конкретной поломки ранее. Причина такого разрыва между теорией и практикой во многом определяется тем, что как правило, работники станций технического обслуживания и ремонта не имеют базовой научно-технической подготовки, а подавляющее большинство исследователей не обладает практическими навыками ремонта двигателей.

Особенности и отличия экспертных исследований двигателя от аналогичных исследований причин неисправностей других узлов и агрегатов автомобиля обусловлены целым рядом типичных проблем, среди которых одной из главных является тесная взаимосвязь процессов, происходящих в двигателе, их взаимное влияние друг на друга и на сопряженные детали.

При проведении исследования технического состояния для правильного установления причины неисправности двигателя решающее значение имеет технология производства работ. Например, нарушение порядка проведения исследования может сильно затруднить или даже сделать практически невозможным точное определение действительной причины неисправности.

В настоящий момент обилие методик автотехнического исследования технического состояния транспортных средств, в том числе и неисправностей двигателя, в России не наблюдается. Существуют отдельные учебные пособия и методические рекомендации, которые раскрывают особенности экспертного анализа и последовательность исследования узлов, деталей, агрегатов и систем транспортных средств, однако связано это, в основном, с расследованием и установлением обстоятельств дорожно – транспортного происшествия и влияние на его развитие определенных возникших неисправностей узлов, систем и агрегатов автомобиля.

В рамках настоящего исследования возможно остановиться на наиболее распространенных и применяемых в практической деятельности экспертного сообщества методиках и методических рекомендациях, одной из которых является учебное методическое пособие для экспертов автотехников – «Теоретические основы решения практических задач автотехнической экспертизы под авторством В.Ф. Гольчевского, Ф.М. Власова, А.А.

Несмеянова, Н.К. Чепурных, Д.В. Седова, С.Н. Думнова ФГКОУ ВПО ВСИ Иркутск, МВД РФ, 2014г.» [3], где подробно рассматриваются теоретические и практические вопросы, связанные с методологией проведения основных видов автотехнических экспертиз.

Согласно данного пособия описаны возможности диагностических исследований технического состояния ТС, общая методика их проведения и экспертные исследования повреждений деталей и узлов транспортных средств. Внимание в основном уделяется повреждениям деталей в механизмах ТС, которые возникают и в результате воздействия динамических нагрузок при ударах во время происшествия или после него. И все причины возникновения повреждений и неисправностей здесь рассматриваются с точки зрения влияния на движение ТС и его управляемость. При установлении механизма образования повреждения детали и причинной связи этого повреждения с происшествием объем и методика экспертного исследования определяются конкретными обстоятельствами происшествия, конструкцией и техническим состоянием детали и выполняемыми ею функциями [3].

Данная методика исследования дает общий порядок работы при проведении исследования технического состояния любого узла и агрегата, который заключается в следующем [3]:

- ознакомление с материалами дела, относящимися к установлению обстоятельств происшествия;
- уяснить возможные варианты механизма происшествия и повреждения детали (узла, механизма) исходя данных;
- все поступившие вещественные доказательства должны быть сфотографированы так, чтобы были зафиксированы признаки того, подвергался ли узел (сопряжения деталей) разборке после снятия с ТС, если это может иметь значение для дела;
- разборку узла следует производить по возможности с минимальными повреждениями и без оставления следов там, где они могут повлиять на

выводы экспертов, при повторном проведении исследований для решения тех же или новых вопросов;

- при наружном осмотре поврежденных деталей в процессе разборки узла и после их демонтажа следует установить, какой вид исследований и в какой последовательности необходимо провести для установления механизма образования повреждения и решения поставленных вопросов;

- для определения величины и направления действовавших усилий, выявления взаимодействия между контактировавшими или сопряженными деталями проводятся автотехнические и трасологические исследования, для установления характера разрушения детали, выявления производственных дефектов металлографические и металловедческие исследования;

- когда механизм повреждения, которое могло находиться в причинной связи с происшествием, не вполне ясен и могут быть даны разные объяснения причины его возникновения, исследование детали должно быть особенно тщательным;

- в тех случаях, когда исследование связано с существенным изменением детали (узла) как вещественного доказательства, следует поставить в известность об этом орган, назначивший экспертизу, и получить от него письменное разрешение.

На этом данная методика исчерпывается и отмечается своей ограниченностью и отсутствием строго закрепленных правил, этапов и понятного алгоритма исследования деталей, в том числе и двигателя. Здесь содержатся более общие правила, которые не конкретизируют последовательность экспертного исследования с учетом особенностей систем двигателя.

Еще одним наиболее распространенным пособием и методикой экспертного исследования технического состояния деталей и систем ТС является учебное пособие Евтюкова С.А., Васильева Я.В. «Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. Справочник» [12]. Данная методика в общем виде в компетенцию экспертов по анализу ДТП закрепляет

проведение исследование технического состояния ТС с целью определения [12]:

- исправности или неисправности ТС в момент совершения ДТП и, в случае неисправности, причины и времени ее возникновения;

- возможности обнаружения технической неисправности ТС до момента наступления ДТП и условий, при которых эту неисправность можно определить;

- вида и характера причинно-следственной связи между обнаруженной технической неисправностью и фактом происшествия (с экспертной точки зрения);

- обстоятельств, связанных с техническим состоянием транспортного средства, которые могли способствовать или способствовали возникновению происшествия и (или) изменили характер его протекания;

В общем виде приводится тактика поиска неисправностей и предусматривается два основных этапа экспертного исследования: общее диагностирование системы (экспресс-диагностика) и по необходимости поэлементное диагностирование с углубленным исследованием деталей.

Общая диагностика позволяет установить работоспособность системы либо убедиться в наличии неисправности (отказа). В последнем случае или при невозможности проведения общей диагностики она проводится поэлементно. В ходе исследования выявляются и фиксируются необходимые выходные и структурные параметры системы и ее элементов. Соответствие нормативным требованиям всех выходных параметров системы (устанавливаемых методом общей диагностики) свидетельствует о ее работоспособности, а соответствие всей совокупности выходных и структурных параметров – о полной технической исправности системы [12].

Закреплено понятие углубленного экспертного исследования элементов ТС, которое предусматривает следующие этапы: внешний осмотр, разборку элементов, определение необходимых структурных параметров,

полную разборку и всестороннее исследование деталей и характера их повреждений.

Методика дает классификацию и определения отказам в рабочих процессах автомобиля. Рассмотренная методика для решения вопросов о причинах возникновения и возможности обнаружения неисправностей не закрепляет этапы исследования, принципы и особенности технического состояния конкретных узлов и механизмов, признаков возникновения различных неисправностей, в том числе комплекса неисправностей. Также содержатся более общие правила, которые не конкретизируют последовательность экспертного исследования с учетом особенностей систем двигателя.

Далее необходимо указать, что существует многочисленный ряд учебных пособий по ремонту, обслуживанию и эксплуатации двигателя транспортного средства, как общих, так и по отдельным маркам и моделям автомашин, которые также могут использоваться в проведении экспертных исследований неисправностей. Отчасти в экспертной практике так и происходит, когда исполнителю при проведении экспертизы недостаточно имеющихся общих закрепленных методик, а необходимы конкретные данные о поломке, отказах и дефектах деталей двигателя. Что, в свою очередь, обязывает эксперта делать отсылку и использовать в определенной части данные пособия в своей практической деятельности.

Наиболее предпочтительным, полным и всесторонним является издание Хрулева А.Э. «Ремонт двигателей зарубежных автомобилей», 1998 года [27], которую возможно в части использовать в качестве одной из методик исследования, где рассмотрены приемы и методы ремонта двигателей легковых автомобилей зарубежного производства, даны общие рекомендации по механической обработке деталей, способы диагностики и контроля различных систем, агрегатов и узлов, представлен обширный справочный материал по зарубежным двигателям, запасным частям и комплектующим.

Эксперту в рамках проведения своего исследования возможно в достаточной мере использовать данное пособие и ссылаться на него при рассмотрении отдельных вопросов, которые закреплены и рассматриваются в пособии: процессы, происходящие в автомобильных двигателях, их влияние на износ деталей и возникновение неисправности, особенности конструкции двигателя и ремонта, особенности неисправностей и их диагностика, особенности демонтажа и разборки двигателя, способы ремонта и восстановления деталей. При изучении данного пособия прослеживается достаточный используемый для написания опыт сложного ремонта большого числа двигателей иностранных автомобилей, накопленный различными фирмами, а также опыт технических экспертов в вопросах диагностики и устранения неисправностей в системах управления бензиновых двигателей.

В данном пособии подготовлена значительная база знаний, которая может использоваться для качественного проведения исследований технических состояний современных транспортных средств. Однако отсутствуют подробные этапы именно экспертного исследования, а содержится общая информация о двигателе, имеются описание дефектов и неисправностей двигателей транспортных средств без алгоритма установления причинно – следственных связей происходящих процессов, возникающих в основных узлах и агрегатах современного автомобиля. В книге отсутствует блок, посвященный причинно-следственным связям технологических (в том числе и физико-химических) цепочек, влияющих на качество конечного результата экспертизы. Не освещены процедуры проведения исследований, а используемые приборы и инструменты для измерения имеют общий характер применения, нацеленный для ремонтных мастерских без конкретизации и методики выявления определенных неисправностей. В пособии не дан общий подход к исследованию технического состояния двигателя автомобилей, не представлена методика экспертного исследования и практического определения причин неисправностей двигателей.

1.2 Особенности методики исследования и выявления производственных дефектов и их влияние на причины неисправностей двигателей транспортных средств

Неотъемлемой частью любого из этапов экспертного исследования двигателя транспортного средства является установление признаков и особенностей производственных дефектов его внутренних конструктивных составляющих элементов.

Согласно стандартам, исправное состояние объекта - это «состояние, соответствующее всем требованиям нормативных документов, предъявляемым к его конструкции и техническому состоянию» [8]. Напротив, неисправное состояние (или неисправность) – «состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации» [8].

Очевидно, для двигателя как сложной продукции, термин «дефект» связан с термином «неисправность», но не является его синонимом. Неисправность представляет собой определенное состояние изделия, вызванное определенным предшествующим этому состоянию событием - повреждением, которое заключается в нарушении исправного состояния готового изделия вследствие влияния внешних воздействий, превышающих уровни, установленные нормативно-технической документацией на изделие [9].

Таким образом, в отличие от дефекта, возникающего при производстве, повреждение возникает в эксплуатации (а также при хранении и транспортировании готовой продукции). В то же время, находясь в неисправном состоянии, изделие может иметь один или несколько дефектов, возникших при производстве, или эксплуатационных повреждений.

Исправное состояние тесно связано с работоспособностью – «состоянием, при котором транспортное средство или его компоненты (в том числе двигатель) могут выполнять свои функции в соответствии с

эксплуатационной документацией» [1]. Поскольку соответствие требованиям нормативных документов является важнейшим свойством объекта, его работоспособное состояние (работоспособность) может быть также определено как состояние, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Отсюда следует, что неработоспособное состояние (неработоспособность) – «это такое состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации» [9].

Для описания неработоспособного состояния нередко употребляется еще один термин - «отказ определяемый стандартами как потеря способности изделия выполнить требуемую функцию. Другими словами, если неработоспособность является состоянием, то отказ является событием, которое приводит к состоянию неработоспособности» [8].

Термин «дефект» также следует отличать от термина «отказ». Поскольку отказом называется событие в эксплуатации, заключающееся в нарушении работоспособности изделия, которое до возникновения отказа было работоспособным, отказ может возникнуть в результате наличия в изделии одного или нескольких дефектов (отказ возможен и без каких-либо дефектов), но появление дефектов не всегда означает, что возник отказ, т.е. изделие стало неработоспособным, или такой отказ возникнет в будущем.

В зависимости от источника (причины) различают следующие виды отказов [8]:

- конструктивный (или конструкционный) отказ - возникает в результате ошибки, допущенной конструктором при проектировании объекта. Конструкционные отказы обусловлены ошибками, допущенными при проектировании, нарушениями требований стандартов, заниженном запасов

прочности, ошибками в разработке принципиальных схем и конструкций устройств;

- производственный отказ - возникает в результате нарушения установленного процесса изготовления или ремонта объекта;

- эксплуатационный отказ - возникает в результате нарушения установленных правил и (или) условий эксплуатации объекта.

Эксплуатационные отказы случаются по причинам: нарушения условий работы, на которые рассчитано данное транспортное средство (система, агрегат, узел); несоблюдения оговоренных в правилах технической эксплуатации режимов движения; нарушения технологии обслуживания и ремонта; низкой квалификации водителя или его недисциплинированности. Особенности эксплуатации и ее влияние на возникновение неисправностей двигателя схематично изображены на рисунке 1.

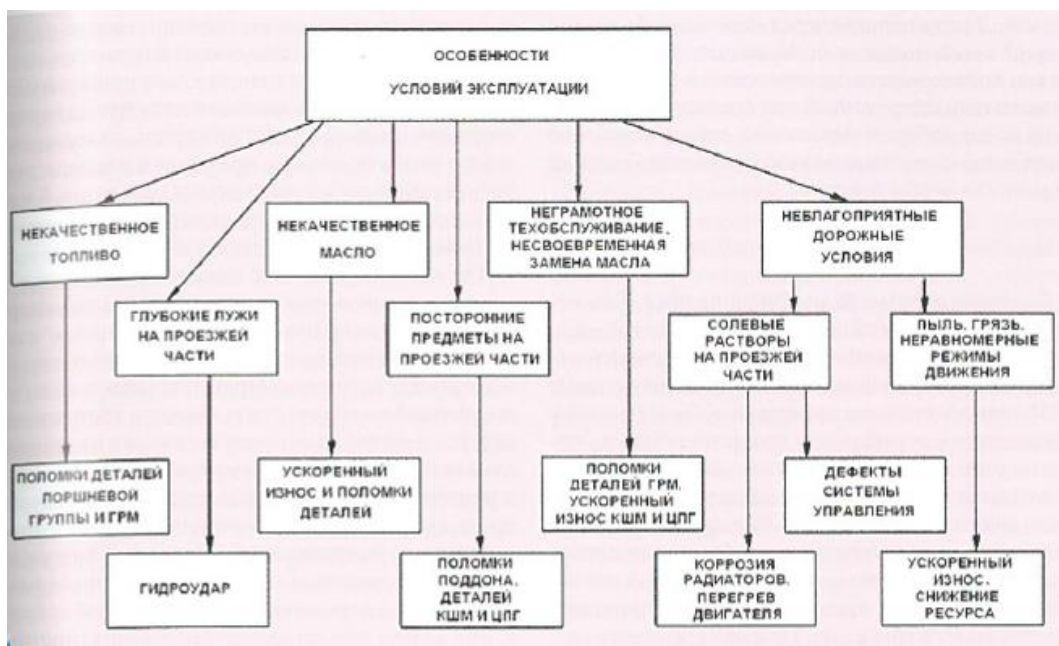


Рисунок 1 - Влияние эксплуатации на возникновение повреждений в двигателе.

Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» и ГОСТ 15467–79 содержат определение термина «дефект» – каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям [23].

В соответствии с ГОСТ 15467–79 несоответствие требованиям технического задания или установленным правилам разработки (модернизации) продукции относится к конструктивным дефектам. Несоответствие требованиям нормативной документации на изготовление или поставку продукции относится к производственным дефектам [8].

Производственный дефект – дефект, вызванный нарушением установленной технологии изготовления, несоответствие продукции требованиям нормативной документации на изготовление.

Такие дефекты формируются в процессе изготовления деталей, сборки и отладки конструктивных единиц (узлов и агрегатов). К этому виду можно отнести дефекты:

- обусловленные несоответствием используемых материалов требованиям технологической документации;
- нарушением технологии производства продукции;
- неквалифицированными действиями персонала.

Поскольку производство включает в себя различные стадии, производственные дефекты могут быть связаны с дефектами материала и/или его химико-термической обработки (несоответствие твердости, структуры, толщины покрытия и др.), дефектами механической обработки (несоответствие шероховатости и размеров назначенным допускам) и дефектами сборки продукции. По характеру проявления производственные дефекты можно разделить в общем случае на несоответствия свойств материалов, несоответствия геометрической формы и шероховатости, и механические дефекты.

На этапах производства или ремонта могут возникать различные дефекты производственного характера. В экспертной деятельности при

решении диагностических и иных задач важно провести полное и объективное исследование деталей и сборочных единиц, правильно классифицировать вид дефекта, повреждения, неисправности, и на этой основе определить механизм возникновения и первичную причину возникновения дефекта, неисправности, повреждения, отказа.

Следует отметить, что производственные дефекты имеют одну важную особенность - они действуют на двигатель как некие начальные повреждения (начальные условия), задающие дальнейшее развитие неисправности, что обычно заканчивается ускоренным износом, поломками деталей и отказом. Другими словами, действие производственных факторов можно представить как влияние неких начальных условий, и оно нередко может быть обнаружено по различным отклонениям в работе двигателя.

В результате детали могут в целом получить следующие виды производственных дефектов (рисунок 2 – 3):

- нарушение целостности (поры, трещины, разрывы);
- несоответствие размеров (выход размера за пределы допуска);
- несоответствие формы поверхностей при изгибе, скручивании, деформации (некруглость, неплоскостность);
- несоответствие взаимного расположения поверхностей (несоосность, биение, перпендикулярность, непараллельность);
- несоответствие физико-механических свойств (отпуск, прижоги).



Рисунок 2 - Размытая верхняя канавка на поршне, разрушенное верхнее кольцо без признаков нормальной приработки к канавке и аномально сильно изношенное среднее кольцо – комплекс признаков с крытого производственного дефекта (поломку верхнего кольца при сборке двигателя).

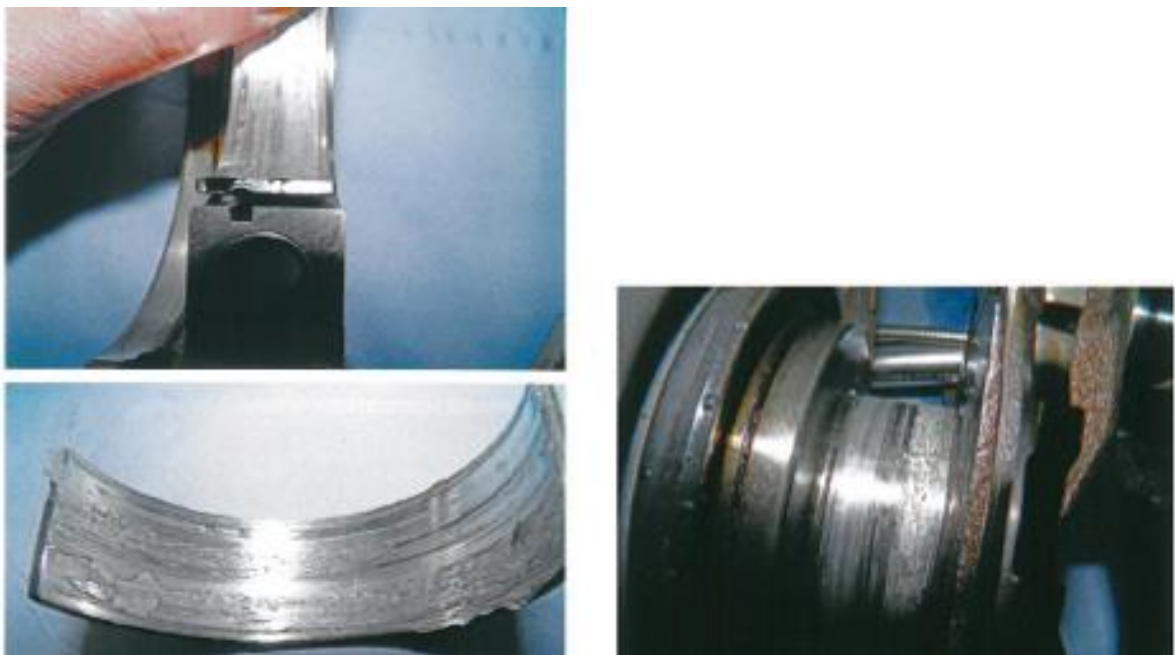


Рисунок 3 - Повреждение заднего коренного подшипника – перегрев вкладышей, задиры на рабочей поверхности вкладышей и шейки коленвала произошло в результате производственного дефекта сборки (когда в нарушение сборочной технологии в двигателе был установлен бракованный блок цилиндров с уменьшенным диаметром отверстия коренного подшипника).

Дефекты вторичного (ремонтного) производства – как вид производственного дефекта. Обслуживание и ремонт, несмотря на то, что они проводятся в эксплуатации, вполне допустимо относить не к эксплуатации, а к особому виду производству - ремонтному. Данный вид производства иногда также называется вторичным, поскольку в данном случае речь идет о двигателе (или транспортном средстве), ранее уже произведенном в рамках основного (первичного) производства. Тем не менее вторичное производство имеет все признаки именно производства, поскольку включает зачастую те же материалы, детали, производственные технологии металлообработки и собственно сборку узлов и двигателя в целом, что и первичное производство [17].

В соответствии с этим любой дефект или повреждение двигателя в ремонте (обслуживании) правильно представлять не как эксплуатационное, связанное с повреждением при использовании, а именно как дефект ремонтного производства. На рисунке 4 указаны неисправности с признаками повышенного расхода масла и стуков после оставления поршневой группы и распредвала без ремонта.

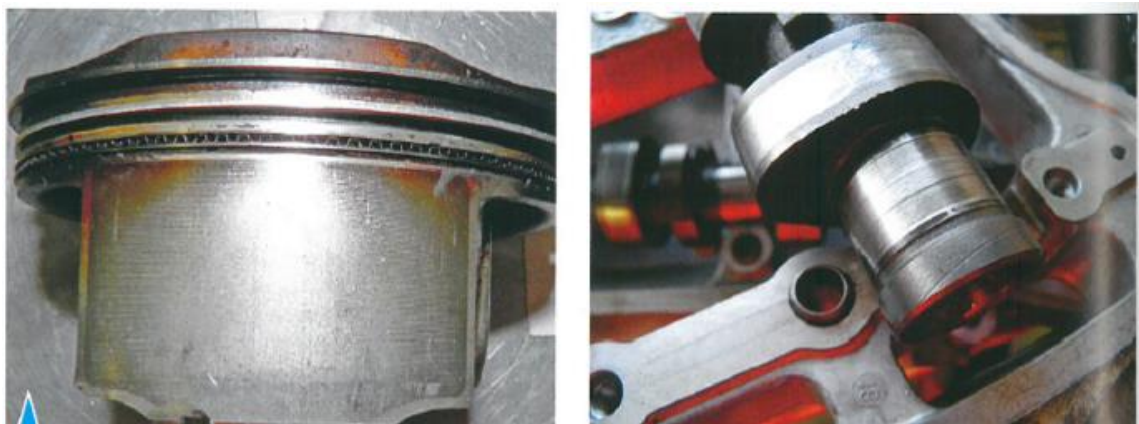


Рисунок 4 - При ремонте КШМ было решено оставить поршневую группу и распредвал без изменений, что привело к неисправностям с признаками повышенного расхода масла и стуков. Причиной явились дефекты ремонтного производства – большие зазоры в сопряжениях старых изношенных деталей.

Специфические неисправности, возникающие после ремонта, как правило связаны (рисунок 5):

- недостаточная квалификация персонала, связанная с нарушением технологии производства ремонтных работ;
- ошибки при диагностике неисправности;
- нарушения технологии восстановления деталей;
- применение некачественных запчастей и расходных материалов.

Эти действия можно условно разделить на следующие две основные группы [11]:

- ошибочное определение причины неисправности при диагностике двигателя, как перед ремонтом, так и после него;
- нарушение технологии производства ремонтных работ.



Рисунок 5 - Типичный дефект ремонта коленчатого вала: грубая шлифовка и подрезка галтелей прямо ведет к поломке коленвала.

Таким образом, в настоящей главе были рассмотрены основные существующие методики исследования технического состояния транспортных средств, которые дают исключительно классификацию и определения отказам в рабочих процессах автомобиля, и не закрепляют конкретные этапы исследования, принципы и особенности технического состояния двигателей. Данные методики содержат общие правила, которые не конкретизируют последовательность экспертного исследования с учетом особенностей систем двигателя, где приводится обширный справочный материал без практического отображения применения и результатов реальных исследований причин неисправностей автомобильной техники.

Рассмотрены и проанализированы понятия дефектов, их возможные виды, установлены признаки и особенности производственных дефектов внутренних конструктивных составляющих элементов двигателя, что является неотъемлемой частью любого из этапов экспертного исследования двигателя транспортного средства.

Глава 2. Основные этапы автотехнического исследования двигателя и меры повышения их эффективности

Практика исследования показывает, что экспертиза двигателя требует определенного порядка и алгоритма выполнения работ в строгой последовательности, что в совокупности образует методику исследования технического состояния двигателя, которая регламентирует порядок производства операций и этапов исследования, что отражено в приложении А.

На стадии получения предварительных сведений о двигателе и их анализ, осуществляется подготовка к исследованию, где анализируются следующие предварительные данные:

- модель, марка транспортного средства, его конструктивные особенности;
- признаки неисправности.

Но этим данным необходимо выработать план дальнейших действий и предварительно оценить объем работ, необходимых для изучения объекта и определения причины неисправности.

Далее следует более внимательно проанализировать имеющиеся признаки неисправности с целью дальнейшего проведения осмотра автомобиля и исследования неисправного двигателя.

По нашему мнению, мерами по повышению эффективности на данном этапе исследования состояния двигателя является проведение четкого анализа исследователем в части места проведения экспертизы и используемого оборудования, инструментов, установление сервисной организации, где будет проводиться осмотр автомобиля, подготовка дилерской технической документации и диагностических программ, еще до проведения осмотра автомобиля необходимо запросить все имеющиеся документы о прохождении ТО и ремонтов, которые также могут иметь важное значение при выборе средств диагностика и самой процедуры исследования.

Важным на данном этапе может быть изучение вопросов, поставленных заказчиком перед исследователем, поскольку от сути вопросов нередко зависит не только объем исследований, но и необходимое оборудование, инструмент, а также необходимость привлечения к исследованию представителей других специальностей. специализированных лабораторий.

По нашему мнению, мерами по повышению эффективности на данном этапе исследования состояния двигателя также является четкая постановка и разбор вопросов, которые ему заданы на исследование. Необходимо придерживаться как минимум четырех основных (типовых) вопросов данного вида экспертного исследования, и не выходить за рамки компетенции эксперта:

1. Имеются ли неисправности в двигателе автомобиля. и если да, то какие конкретно?

2. Если неисправности в двигателе имеются, то каковы причины их возникновения?

3. Являются ли неисправности в двигателе следствием производственного дефекта, работ по техническому обслуживанию (ремонту) автомобиля и/или других действий?

4. Могли ли действия владельца и/или лица, управлявшего автомобилем, привести к таким неисправностям?

Необходимо четко обозначать формулировку вопросов и отказаться об обозначения заданных вопросов, на которые заведомо невозможно ответить. Практика показывает, что от правильного формулирования заказчиком и понимания исследователем поставленных вопросов зависит весь ход и результат исследования, в том числе правильное определение причины неисправности двигателя.

Одним из этапов исследования является необходимость взятия проб технических жидкостей при наличии у исследователя обоснованных версий о том, что именно несоответствие свойств рабочих жидкостей (топлив, масел) могло стать причиной неисправности. Взятые пробы могут быть отправлены

в специализированные химические лаборатории для анализа свойств жидкостей и степени их соответствия регламента. В других случаях, когда пробы и последующий химический анализ рабочих жидкостей выполняется просто так без необходимого обоснования, отбор проб вполне может считаться признаком непрофессионализма исследователя.

Следующим этапом исследования двигателя является осмотр двигателя и закрепление его особенностей внешнего состояния, важных фактов, особенно тех, которые потом нельзя будет повторить и воспроизвести. К этому относят следующее:

- уровни рабочих жидкостей и масла;
- следы подтеков рабочих жидкостей на различных поверхностях, в том числе на кузове автомобиля;
- следы демонтажа узлов и агрегатов, выявить которые после следующего демонтажа также невозможно;
- состояние памяти блока управления. После разъединения электронных узлов, датчиков и кабелей проведение диагностики становится затруднительным.

По нашему мнению, мерами по повышению эффективности на данном этапе исследования состояния двигателя закрепление и фиксирование указанных параметров на самой начальной стадии осмотра двигателя с сопутствующим фотографированием результата, перед тем как начинать какие-либо другие работы, связанные с демонтажем или разъединением узлов и компонентов.

Для установления причины неисправности двигателя чрезвычайно важное значение имеют данные памяти блока управления, получаемые при диагностике системы управления. Средства диагностики у современных автомобилей позволяют не только прочесть текущие ошибки, но и получить данные о временных характеристиках о моменте возникновения неисправности, причем у некоторых автомобилей записываются не только данные в момент самой поломки, но и непосредственно перед и после нее.

Получение таких данных является основной задачей эксперта на этапе предварительного исследования двигателя.

По нашему мнению, мерами по повышению эффективности на данном этапе исследования состояния двигателя заключается в том, чтобы подобрать достаточно квалифицированный персонал для диагностики блока управления, оснащенный достаточным и необходимым оборудованием диагностики. Диагностирование основано на опыте и навыках исполнителя с использованием органов чувств и измерительных приборов. Достоверность такого диагностирования зависит всегда от квалификации исполнителя. Мерами повышения в данном случае могут также служить разработка и постановка четкого алгоритма поиска неисправности с учетом отклонения показателей в процессе диагностики.

К сожалению, на практике многие не считают нужным тратить время на изучение результатов диагностики исследуемого автомобиля - несмотря на то что эти данные могут быть ключом для понимания причины неисправности. Поэтому, если при выполнении исследования причин неисправности двигателя исследователь пренебрег анализом результатов диагностики, то в итоге возможен недостоверный результат всего исследования. По нашему мнению, необходима техническая подготовка такого исследователя с его компетентностью, а также наличие базового технического образования.

Основной и главной мерой повышения эффективности данного этапа при диагностике двигателя, равно как и при исследовании причин неисправностей, это соблюдение правила о необходимости рассматривать его в комплексе, как совокупность механической и электронной систем. Известны многие попытки вывести универсальную формулу диагностики, применив которую можно быстро и без больших трудов найти причину неисправности, но найти какие-либо абсолютные рекомендации здесь не удастся. В реальных условиях на первый план выходит опыт специалиста, а какая-то система или алгоритм действий могут существовать только в общих чертах.

Практика показывает, что наличие самого современного и дорогостоящего оборудования не является гарантией проведения грамотной и квалифицированной диагностики [27]. Обязательное составляющее правильного экспертного исследования является предварительное изучение имеющейся технической информации об устройстве конкретных систем исследуемых моделей автомобилей (схемы соединений, расположение компонентов, расшифровка кодов неисправностей, особенности конструкции двигателя) в совокупности с результатами компьютерной и инструментальной диагностики.

Еще одной мерой по повышению эффективности исследования на данном этапе экспертизы состояния двигателя можно считать применение методов безразборной диагностики механической части двигателя. При исследовании технического состояния двигателя необходимость безразборной диагностики механической части возникает, как только в двигателе обнаруживаются признаки каких-то неисправностей, а электронная диагностика не дает каких-то понятных и надежных результатов.

Многие пропускают этот ненужный этап, как непонятный и занимающий слишком много времени, и сразу переходит к разборке двигателя, также могут делать и опытные механики. Понятно, что при такой ускоренной разборке могут оказаться утраченными очень важные данные, и подобная торопливость может сильно затруднить установление причины неисправности.

Поэтому перед разборкой двигателя необходим комплекс проверок механической части. Практика показывает, что особая внимательность требуется при предварительной диагностике неисправного двигателя, находящегося в неработоспособном состоянии. Понятно, что если неисправность связана с механической частью двигателя, то для определения причины уже точно потребуются частичная или полная разборка двигателя.

При проведении диагностики неработающего двигателя вначале необходимо не столько определить причину, сколько правильно оценить, с

чем она связана - с механической частью или с системой управления и агрегатами. Ошибка на данном этапе прямо ведет к неоправданным затратам времени на проведение ненужных работ.

После того как область поиска сужена, ищется причина неисправности, для чего необходимо иметь соответствующий алгоритм (методику) ее поиска.

Основные методы такой безразборной диагностики, по нашему мнению, исходя из специфики экспертного исследования двигателя, являются:

- диагностика неисправностей измерением компрессии в цилиндрах (величину максимального давления в цилиндре, создаваемого при холостой прокрутке двигателя стартером при отключении подачи топлива и зажигания);
- эндоскопическое исследование (осмотр скрытых полостей и деталей эндоскопом);
- исследование и анализ состояния свечей зажигания;
- проверка состояния топливных форсунок бензинового двигателя;
- проверка состояния всех фильтров;
- анализ акустических данных, состояние дымности.

Для повышения эффективности исследования состояния двигателя на предварительном этапе возможно предложить обязательное затребование и изучение документов об истории исследуемого автомобиля, предшествующей появлению неисправности, что является одним из наиболее важных этапов работы по исследованию причин неисправности. Не исключено, что ранее могли проявляться какие-либо признаки, имелись жалобы на работу двигателя, выполнялись какие-то ремонтные работы, повлиявшие на неисправность.

Исследование истории транспортного средства также является ключевым фактором для установления причины неисправности двигателя и автотехнического исследования в целом.

Основная связь истории с неисправностью заключается в том, что

любое повреждение эксплуатации или отклонение при производстве могут с течением времени работы агрегата привести к серьезным изменениям в этом агрегате, которые в конечном счете и приведут к неисправностям, поломкам и отказам.

Несмотря на очевидную значимость исследования истории, многие исследователи ее полностью игнорируют. Вероятно, это связано с двумя факторами - стремлением всячески уменьшить время и трудоемкость работ, а также с непониманием смысла исследования истории [29].

Однако на практике дефект или повреждение может иметь скрытый период и приводить к появлению признаков неисправности не сразу, а через определенное время, в течение которого повреждение постепенно развивается [32]. Тогда определение начального повреждения (или дефекта) носит ключевой характер понимания причины неисправности. И именно такие данные и могут быть обнаружены в истории автомобиля.

Таким образом, без составления подробной истории транспортного средства исследователь в общем случае лишается возможности определить момент, когда произошло начальное повреждение.

Для повышения эффективности исследования необходимо в рамках осмотра объекта исследования каждый раз, как все операции на месте закончены, фиксировать основные данные о проведенных работах в акте осмотра. Как известно, при проведении экспертных исследований такой документ не имеет юридической силы, поскольку не указан в нормативных документах и законах, и при выполнении судебных экспертиз его составление не требуется. Однако при досудебных исследованиях его может попросить составить одна из сторон. В этом случае данный документ полезен и самому исследователю - в него могут быть занесены данные и информация о проведенном исследовании, начиная от сведений об автомобиле, месте и времени проведения исследования и заканчивая описанием выполненных работ.

При исследовании причин неисправности двигателей чрезвычайно

важно строго соблюдать определенный порядок поэтапного выполнения экспертных работ, особенно перед главным заключительным этапом исследования, связанным с разборкой и дефектовкой двигателя. Преимущество всегда следует отдавать использованию безразборных методов поиска причины и только потом, при невозможности определения причины переходить к разборке двигателя (частичной или полной).

Разборка двигателя может проводиться только на заключительном этапе исследования, когда все иные возможные операции уже проведены. В этом смысле разборка является не только наиболее сложным методом с технической точки зрения (необходимость универсального и специального инструмента, приспособлений и оснастки, оборудованного места, значительные затраты времени), но и является фактически разрушающим методом исследования, после которой восстановление первоначальных свойств, которые объект имел до разборки, невозможно.

Более подробно стоит рассмотреть методику исследования, связанную с разборкой и дефектовкой двигателя, описанием обнаруженных повреждений – как наиболее важного этапа исследования на стадии поиска неисправностей двигателя. Поиск неисправностей и их причин во многих случаях неизбежно приводит к необходимости изучения состояния деталей механической части, где на деталях могут быть следы износа и повреждения, которые могут указывать на причину неисправности [31]. В таком случае без разборки выявить причину неисправности невозможно. Однако на практике значительное количество исследователей нередко совершает стандартную ошибку – проводя разборку двигателя без проведения тех работ, которые должны предшествовать разборке. Разборка двигателя относится к работам, которые существенно изменяют свойства не только двигателя, но и автомобиля в целом, фактически переводя в неработоспособное состояние.

Для определения совокупности мер, направленных на повышение эффективности исследования состояния двигателя на этапе разборки и дефектовки необходимо владеть глубокими знаниями по видам дефектов

деталей, их особенностями и признаками.

Все повреждения хорошо отражаются во внешнем виде детали, и не только с одной, но и сопряженных с ней деталей тоже. Тогда исследователь должен искать поврежденные детали, хорошо себе представляя, какие внешние признаки и о каких видах повреждений говорят. Практика эксплуатации и ремонта ДВС показывает, что любое повреждение и разрушение в двигателе может быть вызвано в общем случае четырьмя причинами, которые делят повреждения на четыре основных вида:

- разрушение от механической нагрузки (разрушение от перегрузки; усталостное разрушение);
- тепловое повреждение;
- износ;
- коррозия.

Механическая нагрузка – «это зарождение и развитие в материале дефектов и разделение объекта на части в результате разрыва связей при механической нагрузке» [16]. При этом разрушение может быть вязким, тогда оно сопровождается развитием пластических деформаций в материал, или хрупким, при котором следов пластических деформации нет, а также усталостным - под действием повторно переменных (часто циклических) напряжений [16].

Разрушение детали всегда следует определенной схеме, или механизму разрушения, который устанавливает следующий порядок событий, приводящих к разрушению:

- образование трещины;
- рост трещины;
- распространение трещины;
- разрушение.

Разрушение от перегрузки возникает вследствие превышения предела прочности материала при статическом (неизменном по времени) нагружении детали или при динамическом (ударном) воздействии. Как известно,

разрушение детали при статической (неизменной по времени) нагрузке происходит тогда, когда внутренние напряжения в материале от действия сил превышают так называемый предел кратковременной прочности материала. Эта характеристика материала показывает, при какой постоянно приложенной силе деталь с заданной площадью поперечного сечения будет разрушена.

Данный вид разрушения также связан с распространением трещины в материале детали. При этом разрушение можно разделить на хрупкое, когда деформация около зоны разделения (излома) детали отсутствует, и вязкое, при котором не только может быть видна зона деформации, но и само превышение максимально допустимой деформации могло стать причиной разрушения [16]. Хрупкие разрушения от разрушающей нагрузки при отсутствии видимой деформации характеризуются равномерным изломом, который имеет поверхность с грубой шероховатой структурой которая возникает при распространении трещины, главным образом по границам зерен материала. Данный вид разрушения у материалов с невысокой пластичностью (сталь, чугун, алюминиевые сплавы), с одной стороны, нередко характеризуется угловым скосом у излома, иногда с характерным «зубом», а с другой - сравнительно равномерной сильно шероховатой структурой излома (рисунок 6).



Рисунок 6 – Усталостное разрушение коленчатого вала двигателя

Усталостное разрушение – «это разрушение в результате превышения усталостной прочности (предела выносливости) детали при ее циклическом нагружении с амплитудой действия нагрузки, существенно меньшей предела прочности материала при статическом нагружении» [11]. Усталостное разрушение начинается с зарождения усталостной трещины. Фактически данный вид разрушения инициируется поверхностными трещинами или неоднородностями (дефектами) материала - например, неметаллическими включениями, расположенными непосредственно под поверхностью или в самом теле детали.

В отличие от статического нагружения, при котором деталь разрушается практически мгновенно при превышении предела кратковременной прочности, при усталостном разрушении процесс, занимает длительное время [11]. При низких нагрузках распространение трещины может прекращаться, но для нового запуска процесса распространения достаточно простого увеличения нагрузки (Рисунок 6).

Тепловое повреждение (рисунок 7) – «детали двигателя подвергаются различным и изменяющимся температурам, от температуры окружающей среды до максимальной температуры, близкой к температуре горения топлива» (более 2000° С) [16]. Изменения температуры детали нередко приводит к тепловым нагрузкам, что является источником широкого спектра повреждений и поломок это термические трещины, термические деформации и повреждения рабочих поверхностей.



Рисунок 7 – Трещины термоусталости в выпускном коллекторе и следы побежалости на вкладыше коренного подшипника

Изнашивание – «это процесс разрушения или отделения материала с поверхности детали при трении, а износ - это результат этого процесса, т.е. изнашивания, определяемый в установленных единицах (например, в мкм или мм)» [32]. Иногда износом называют не только результат, но и сам процесс, что настолько распространилось в различной литературе, что уже перестало быть серьезной ошибкой. Понятно, что изнашивание напрямую связано с трением - этот процесс можно определить как процесс постепенного изменения размеров и формы детали при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала и в его остаточной деформации [28] (рисунок 8). Результатом изнашивания является некая величина, называемая износом и выражаемая в единицах линейных величин. Изнашивание деталей сопровождается сложными физико-химическими явлениями.



Рисунок 8 - Разрушение постелей подшипников и изнашивание шейки коленвала

Коррозионное повреждение деталей: коррозия – «это разрушение металлов в результате химического взаимодействия с внешней средой (рисунок 9)» [11].

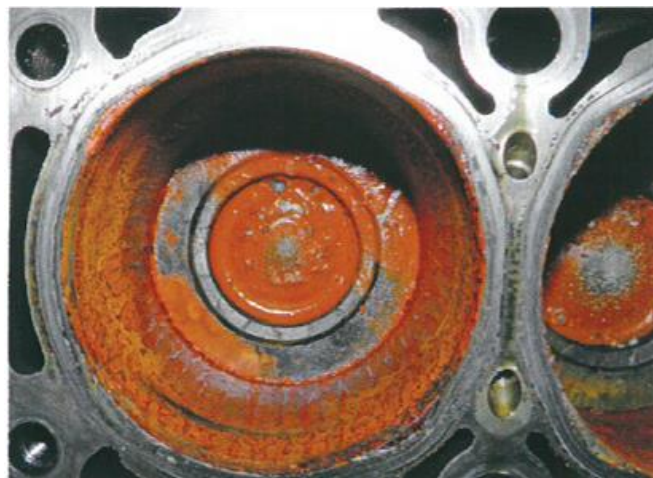


Рисунок 9 - Атмосферная коррозия блока цилиндров

При изучении причин неисправности двигателей исследователь должен представлять, где и когда можно ожидать коррозионного повреждения деталей. Для этого необходимо рассматривать возможные причины возникновения коррозионного повреждения и детали двигателя, которые могут быть ему подвержены.

Для практики может представлять интерес определение причин неисправностей по характеру имеющихся повреждений. К сожалению, такая работа встречает значительные трудности по причине большого числа возможных причин любой неисправности и не меньшего количества связанных с ними признаков таких причин.

Анализ большого числа выполненных исследований показывает, что одна из главных проблем, не позволяющих значительному числу исследователей правильно определить причину неисправности двигателя - отсутствие методик исследования, общепринятые рекомендации в общедоступной технической литературе по конкретному двигателю и его неисправностям.

Необходимость применений методик исследования и определения причин неисправностей возможна, даже если такие методики разработать, не следует ожидать их полной универсальности и применимости для всех видов неисправностей.

Поэтому нам представляется наиболее важным в целях эффективности исследования двигателя каждому разрабатывать свою частную методику экспертного исследования, которая может охватывать определенные алгоритмы проводимых операций. Дополнительные трудности вносят особенности конструкций двигателей различных типов, что требует сбора статистических данных по характеру и особенностям неисправностей и разрушений даже для конкретных марок и моделей двигателей.

Гораздо легче устанавливать причину неисправности, если двигатель получил определенный вид повреждений, к которым могут, например, относиться тяжелые повреждения двигателя. К тяжелым повреждениям можно отнести те, в которых происходит разрушение возвратно-поступательно движущихся деталей, в том числе поршней и шатунов, что сопровождается пробоем стенок блока цилиндров, деформацией стенок головки цилиндра и приводит к не ремонтпригодности двигателя [11]. Обычно такой характер развития неисправности приводит к серьезным последствиям в виде множественных разрушений деталей.

Поскольку в совокупности все признаки позволяют достаточно надежно устанавливать причину разрушения по совпадению (или несовпадению) найденных признаков, можно каждому эксперту в рамках проводимого исследования на стадии разобранного двигателя построить простую методику определения причин неисправностей и свести все известные признаки в определенную отдельную таблицу.

Принципы построения методики хорошо и наглядно возможно продемонстрировать на примере определения причин тяжелых повреждений двигателя, где, например, при наличии тяжелых повреждений можно достаточно быстро проверить их на соответствие признакам гидроудара, нарушения подачи масла и производственных дефектов, связанных с клапаном или поршневым пальцем приведены в таблице 1, чтобы выбрать рабочую версию причины неисправности, которую затем также быстро подтвердить и уточнить по прочим признакам.

Таблица 1 - Принципы построения методики определения причин на примере тяжелых повреждений двигателя

Повреждение	Гидроудар	Обрыв клапана	Масляное голодание
Причина неисправности	Попадание жидкости в цилиндр	Дефект сборки сопряженных с клапаном деталей	Перегрев шатунного подшипника
Причина разрушения	Нештатные нагрузки на шатун из-за деформации стержня, усталостное разрушение стержня шатуна	Нештатные нагрузки на шатун из-за деформации стержня, усталостное разрушение стержня шатуна	Потеря прочности материала, нештатные ударные нагрузки, усталостное разрушение нижней головки шатуна
Последствия	Пробой блока цилиндров, повреждения цилиндра в нижней части, повреждение головки цилиндра и клапанов	Сильное повреждение цилиндра (по всей высоте) и камеры сгорания, пробой блока цилиндров	Пробой блока цилиндров, разрушение шатуна, повреждение цилиндра в нижней части

Продолжение таблицы 1

Повреждение	Гидроудар	Обрыв клапана	Масляное голодание
Главные признаки	Разрушение стержня шатуна в средней части, при расширенном поясе нагара в верхней части цилиндра	Сильное повреждение или разрушение поршня при отсутствии головки клапана на ее штатном месте в седле	Разрушение нижней головки шатуна при разрушении вкладыша и перегреве нижней головки шатуна
Подтверждающие признаки	<ul style="list-style-type: none"> - диагональный износ юбки поршня; - деформация юбки; - след стертого нагара над отверстием пальца на поршне, ответный след стертого нагара в верхней части цилиндра; - износ края торцов поршневого пальца; - ответный износ стопорного кольца; - разбивание канавки стопорного кольца в отверстии для пальца; - нагарообразование на стенках камеры сгорания и на днище поршня. - повреждение нижнего края юбки и бобышек поршня. - диагональный износ шатунных вкладышей, отсутствие следов перегрева на них и на нижней головке шатуна. 	<ul style="list-style-type: none"> - отсутствие разрушения шатуна; - отсутствие разрушения поршневого пальца; - отсутствие повреждения нижней головки шатуна; - отсутствие износа шатунного подшипника 	<ul style="list-style-type: none"> - износ и перегрев вкладышей головки шатуна - повреждение днища поршня от ударов по головке цилиндра; - повреждение бобышек поршня снизу от ударов противовесов коленвала; - возможное разрушение поршня
Уточняющие признаки	<p>При попадании воды извне:</p> <ul style="list-style-type: none"> - коробление гофров воздушного фильтра; - следы намокания на картоне; - следы высохших капель воды в корпусе фильтра, в воздуховодах и на дроссельной заслонке. При попадании масла (только ДВС с турбонаддувом) и топлива отсутствие следов высохших капель внутри воздухопроводов; 	<ul style="list-style-type: none"> - при разрушении в нижней части стержня: следы ударов головки клапана на днище всех поршней; - усталостный характер излома на стержне клапана; - при разрушении по канавке для сухарей: стержень клапана в цилиндре. 	<ul style="list-style-type: none"> - низкий уровень масла; - неисправность или износ маслонасоса; - засорение маслосистемы отложениями; - ошибки при ремонте, связанные с геометрией подшипников коленвала.

Далее для более эффективного экспертного исследования в данном направлении и выявлении конкретных неисправностей двигателя с последующим установлением причинно – следственных связей все известные признаки повреждений возможно разбить на главные, подтверждающие и уточняющие, и проверять наличие указанных признаков при исследовании причин неисправностей, таким образом, можно практически исключить грубые ошибки при определении причин неисправности. В результате причина тяжелых повреждений, возникающих вследствие разрушения деталей может быть определена с высокой достоверностью.

Таким образом, в настоящей главе были рассмотрены основные этапы автотехнического исследования двигателя и меры повышения их эффективности. Экспертиза технического состояния двигателя требует определенного порядка и алгоритма выполнения работ в строгой последовательности, что в совокупности образует методику исследования, основными мерами повышения эффективности которой являются: четкая постановка и разбор вопросов, которые заданы на исследование; подбор квалифицированного персонала для диагностики блока управления, оснащенность достаточным и необходимым оборудованием диагностики; изучение результатов диагностики исследуемого автомобиля как ключ для понимания причины неисправности; применение методов безразборной диагностики механической части двигателя; изучение истории исследуемого автомобиля, предшествующей появлению неисправности; необходимость фиксировать основные данные о проведенных работах в ходе исследования в акте осмотра; необходимость разработки своей частной методики экспертного исследования, так как действующие пособия не имеют полной универсальности и применимости для всех видов неисправностей и всех типов двигателя (требуется от эксперта сбор статистических данных по характеру и особенностям неисправностей и разрушений).

Глава 3. Анализ мер эффективности исследования технического состояния двигателя на примере автотехнической экспертизы автомашины Мерседес Бенц GLK350

Необходимость проведения экспертизы технического состояния транспортных средств возникает при разных обстоятельствах и на различных этапах жизненного цикла изделия. Часто эти обстоятельства носят характер спора, претензий либо конфликта. В 2019 году проведено досудебное экспертное исследование неисправностей двигателя автомашины Мерседес-Бенц GLK350, в котором применялись и использовались положения методики и возможные меры эффективности, рассмотренной ранее на каждом из этапов исследования, сформированные в виде технологической карты в приложении А.

Перед проведением экспертизы подробно разбирались постановка вопросов на исследование, с учетом чего для повышения эффективности исследования и уменьшения трудоемкости принято решение придерживаться следующих вопросов, и не выходить за рамки компетенции эксперта:

На разрешение эксперта были поставлены следующие вопросы:

- имеются ли неисправности (недостатки) в двигателе автомобиля Мерседес-Бенц GLK350, и если да, то какие конкретно?
- если неисправности (недостатки) в двигателе автомобиля имеются, то каковы причины их возникновения?

Перед исследованием были изучены и проанализированы особенности конструкции двигателя автомобиля Мерседес-Бенц GLK350 BlueTEC4 и техническая документация завода-изготовителя.

Осмотр двигателя Мерседес-Бенц GLK350 проводился на специализированной узкопрофильной станции технического обслуживания автомашин данной марки с применением оригинальных средств и оборудования. Исходя из используемого оборудования, инструментов, технического и документарного оснащения было принято решение проводить

осмотр автомашины на данной сервисной организации с подготовкой дилерской технической документации и диагностических программ.

На исследование представлен двигатель автомобиля Мерседес-Бенц GLK350, заказ-наряды на техническое обслуживание и замену комплектующих запчастей и деталей автомобиля в период с 2016 года по 2019 год. Для повышения эффективности исследования состояния двигателя на предварительном этапе затребованы и изучены документы у собственника об истории исследуемого автомобиля, предшествующей появлению неисправности, согласно которым было установлено следующее. На исследуемом ТС производились работы по техническому обслуживанию на станции технического обслуживания официального дилера (согласно предоставленным заказ-нарядам). Ремонтные воздействия в виде дефектовки, разборки двигателя и систем не проводились. Пробег на момент приема ТС по данным последнего технического обслуживания составляет – 149 767 км (21.05.2019г.), что указано в заказ-наряде. На протяжении срока эксплуатации автомобиль предоставлялся без нарушения срока технического обслуживания в соответствии с руководством по эксплуатации завода - изготовителя на станции технического обслуживания официального дилера в связи с необходимостью проведения исключительно работ по обязательному техническому обслуживанию, а также проведению отдельных работ, не связанных с работой двигателя и его ремонтом, при этом жалоб на работу двигателя со стороны водителя не зафиксировано. После проведения последнего технического обслуживания по проезду около 4000 км в автомашине начали проявляться неисправности в работе двигателя, впоследствии было зафиксировано заклинивание двигателя и его поломка без возможности его дальнейшей эксплуатации. На момент выхода двигателя из строя общий пробег ТС составлял 153 977 км, что соответствует пробегу исследуемого ТС последнего проведенного обязательного технического обслуживания – 4210 км. Двигатель ранее не перегревался, постоянно сохранялся контроль технических жидкостей, потери мощности не

происходило, посторонних шумов, вибраций и стуков со стороны расположения двигателя не было, падения давления и выгорания масла не происходило (по визуально воспринимаемым контрольным лампам на приборной панели и самодиагностике ТС в системе ЭБУ); признаков повышенного расхода масла в системе смазки, технических жидкостей в автомашине не зафиксировано, никаких перебоев в работе двигателя перед возникшей поломкой не происходило, техническое обслуживание и замена необходимых комплектующих происходило согласно технического регламента.

После изучения истории эксплуатации и обслуживания автомашины установлено, что нормы завода-изготовителя по периодическому обслуживанию и сроку не нарушены, используемые запчасти и технические жидкости соответствуют применяемым и установленным заводом, что в дальнейшем исключило взятие проб технические жидкостей, изучение их состава и сократило сроки проведения экспертизы и общую стоимость затраченного бюджета на проведение дополнительных химических исследований.

На этапе предварительного осмотра и исследования автомашины в условиях станции технического обслуживания к участию в мероприятиях был привлечен эксперт – диагност сторонней организации с достаточным опытом работы и навыками диагностирования автомашины данной марки и модели. Достоверность такого диагностирования зависит всегда от квалификации исполнителя, участие которого было оформлено в качестве специалиста.

Перед проведением разборки предпринимался расчет наиболее эффективного диагностического оборудования методом циклограмм по моделям оборудования, определенная программными средствами в приложении Б и выбрано самое технически совершенное оборудование среди портативных диагностических приборов. После проведения расчетов по всем анализируемым показателям можно составить циклограмму технического

уровня оборудования путем откладывания в определенном масштабе значений уровней на линиях, проведенных из общей точки.

В ходе начальной стадии осмотра объекта исследования применялись отдельные методы безразборной диагностики механической части двигателя, не исключая методы электронной диагностики. В данном случае при осмотре двигателя автомашины Мерседес-Бенц GLK350, исходя из специфики экспертного исследования данного двигателя в заклиненном состоянии проводились следующие мероприятия:

- эндоскопическое исследование (осмотр скрытых полостей и деталей эндоскопом);
- исследование и анализ внешнего состояния свечей накала;
- проверка состояния насос - форсунок двигателя;
- проверка состояния всех фильтров;
- следы подтеков рабочих жидкостей на различных поверхностях, в том числе на кузове автомобиля;
- уровни рабочих жидкостей и масла.

Исходя из невозможности однозначно установить причину неисправности двигателя на данном этапе, принято решение о дальнейшей разборке и дефектовке двигателя. На данном этапе исследования подлежали закреплению и фиксированию общее состояние элементов двигателя с сопутствующим фотографированием результата, перед тем как начинать какие-либо другие работы, связанные с демонтажом или разъединением узлов и компонентов.

Перед проведением разборки предпринимался расчет наиболее эффективного оборудования методом циклограмм по моделям оборудования, определенная программными средствами в приложении В и выбрано самое технически совершенное оборудование среди гайковертов. После проведения расчетов по всем анализируемым показателям можно составить циклограмму технического уровня оборудования путем откладывания в определенном масштабе значений уровней на линиях, проведенных из общей точки.

На стадии осмотра разобранного двигателя выявлены следующие повреждения (неисправности) и состояние составных деталей двигателя исследуемой автомашины:

- поверхности цилиндров, гильз явных повреждений не имеют, следы соприкосновения с элементами каких – либо разрушенных деталей отсутствуют. Цилиндры без нагара, глубоких рисок, имеющиеся поверхностные царапины в пределах допустимой нормы в ходе эксплуатации. Камеры сгорания блока цилиндров без повреждений;

- имеются хорошо просматриваемые заводские следы хона (заводская обработка внутренних поверхностей) в цилиндрах, зеркала цилиндров без повреждений, без повышенных износов;

- корпус блока цилиндров без пробоев и повреждений, прокладка блока визуально не допускала протечки жидкостей, видимых повреждений в зоне соединения и сопряжений цилиндров не имеется. Окантовка места прилегания прокладки блока цилиндров имеет сплошной след прижатия к ГБЦ и блоку, следов прорыва газов либо следов проникновения жидкости в камеру сгорания не наблюдается;

- поршневые кольца, поршни имеют естественный допустимый эксплуатационный износ и незначительный нагар, визуально без отклонений от нормы, количество и консистенция нагара соответствует норме;

- шатуны имеют не нарушенную целостность, изгибов, разрушений, грубых задиров и царапин по стенкам не имеется;

- целостность поддона не нарушена, характерных выкрашиваний не наблюдается;

- корпус постелей и кулачков распредвалов без повреждений, вращение валов плавное;

- состояние дроссельной заслонки в норме, без значительного нагара и посторонних отложений;

- постели и крепления коленвала без видимых геометрических нарушений целостности;

- в третьей постели крепления коленвала и четвертой постели (в меньшей степени) вкладыши коренных подшипников коленвала имеют множественный задиры и область с изменённым цветом фрикционной поверхности повышенным абразивным износом в результате увеличившейся величины силы трения, вкладыш третьей постели имеет следы «проворота» под действием повышенной нагрузки и повышенной силы трения в зоне сопряжения. Вкладыш 4-й постели имеет значительные задиры на одной из сторон поверхности и область с изменённым цветом фрикционной поверхности повышенным износом в результате увеличившейся величины силы трения. Остальные вкладыши без повреждений (поврежденные вкладыши расположены со стороны 5 и 6 цилиндров;

- вкладыш шатуна (головка шатуна) на 2-й цилиндр имеет область с изменённым цветом фрикционной поверхности и повышенным износом, риски, задиры;

- шейка коленвала в зоне вкладыша коренного подшипника третьей и четвертой постели имеет повышенный износ и следы трения, глубокие риски;

- коленчатый вал находится в неработоспособном состоянии, заклинен, имеет разрушение в виде разрыва щеки противовеса с множественным отрывом и отделением фрагментов материала;

- в узлах трения присутствует большое количество однородных мелких металлических частиц с характерным металлическим блеском.

На данном этапе исследования подробно подлежали закреплению и фиксации обнаруженные дефекты и повреждения с сопутствующим фотографированием результата. При этом ход всех операций на месте фиксировался в соответствующем акте осмотра.

Далее необходимо было анализировать характер обнаруженных повреждений, их особенности, выделить круг возможных причин неисправностей двигателя и на основании этого разработать свою частную методику экспертного исследования данного двигателя, с учетом

особенностей неисправностей и разрушений двигателя для данной марки и модели ТС.

В частной методике исследования применялись положения о признаках производственных дефектов деталей двигателя и их особенностях, влияние на исследование причин неисправностей двигателей автотранспортных средств, а также анализ и сравнение с существующими видами повреждений деталей и признаками.

Как это следует из практики ремонта поломка только одной отдельно взятой детали может повлечь за собой значительные повреждения или поломки другой, а также и остальных сопряженных деталей. Причина такой повреждаемости связана с рассогласованием движения детали при ее поломке, когда возникают взаимные соударения обломков с другими деталями, влекущие за собой и их последующие поломки, что особенно характерно при работе двигателя на повышенных оборотах [27].

Очевидно, именно с этим связана сложность определения причины неисправности двигателя в исследуемом случае. Поскольку поломка любой из перечисленных деталей может вызвать поломки других, для установления причины необходимо рассмотреть и проанализировать все возможные причинно-следственные связи между поломками деталей, чтобы однозначно определить, что явилось причиной, а что следствием всех поломок.

Для установления причины поломки необходимо определить деталь, которая была разрушена первой. С этой целью последовательно рассмотрим признаки разрушения деталей ДВС в целом и признаки первичного разрушения каждой детали и их возможные причины, в частности.

Теория, а именно, научная дисциплина, называемая «Соппротивление материалов», а также практика эксплуатации и ремонта ДВС показывают, что любое разрушение может быть вызвано в общем случае тремя причинами [27]:

– разрушение вследствие превышения предела прочности материала при статическом (неизменном по времени) нагружении детали;

– ударное разрушение – «разрушение детали в результате ударного воздействия, является аналогом разрушения при статическом нагружении, но с учетом соответствующей поправки на динамический характер действия нагрузки» [27];

– усталостное разрушение – «разрушение в результате превышения усталостной прочности (предела выносливости) детали при ее циклическом нагружении с амплитудой действия нагрузки, существенно меньшей предела прочности материала при статическом нагружении» [27].

Различия в характере излома деталей на практике позволяют сделать вывод о том, какая из нескольких разрушенных деталей разрушилась от усталости, а какая была сломана статически (ударно) – возможно, в результате вторичного взаимодействия обломков.

Все это позволило установить разрушение коленчатого вала двигателя автомашины Мерседес-Бенц GLK350 как происходящего в течение сравнительно длительного периода времени, под действием нагрузок, меньших предела кратковременной прочности, но превышающих предел выносливости материала, и опровергает тот факт, что разрушение коленчатого вала произошло моментально, под действием ударной внешней силы, превышающей предел кратковременной прочности материала вала.

Применительно к рассматриваемому и исследуемому событию поломки коленвала двигателя Мерседес-Бенц GLK350 можно утверждать, что в данном случае разрушение щеки противовеса и развитие на ней трещины является классическим усталостным разрушением. И место разрушения, и поверхность разрушения говорит об усталостном изломе, что подтверждается наличием зон разрушения. Где четко просматривается развитие усталостной трещины (зона зарождения трещины) не по границам, а по телу зерен металла, вследствие чего поверхность излома имеет более гладкий характер.

Из проведенного анализа разрушения признаки усталости коленвала рассматриваемого двигателя и могут являться причиной всех прочих

поломок, так как хрупко разрушенные детали не могут быть причиной, а являются следствием неисправности. Для установления причины поломки исследуемого двигателя необходимо провести анализ возможных причин разрушения деталей двигателя Мерседес-Бенц GLK350 и последовательно рассмотреть все возможные причины поломок с подробным анализом всех сопутствующих признаков разрушения, что считается наиболее эффективным и полным экспертным исследованием.

Причины поломок коленчатого вала как напрямую, так и косвенно (с оказанием нагрузки и давления сопряженных деталей двигателя при их поломке) могут быть следующие:

- превышение максимально допустимых оборотов двигателя вызывает появление чрезмерных ударных нагрузок на коленвал через сопряженные детали и его поломку;

- гидроудар;

- детонация и перегрев;

- некачественная сборка двигателя и установка коленвала;

- производственный дефект.

- попадание постороннего предмета в цилиндро – поршневую группу и кривошипно - шатунный механизм как и вторичное разрушение при воздействии на коленвал ударных нагрузок в результате столкновения с ранее разрушенными деталями.

- масляное голодание.

Превышение максимально допустимых оборотов в первую очередь вызывает характерные следы соприкосновения с тарелками клапанов на поршнях [29]. Такие следы оставляют тарелки выпускных клапанов, поскольку на чрезмерно высоких оборотах выпускные клапаны не успевают закрываться в момент прихода поршня в верхней мертвой точке в конце такта выпуска. На исследуемом двигателе Мерседес-Бенц GLK350 на клапанах и поршнях нет характерных следов от подобного соприкосновения. В рассматриваемом объекте исследования – двигателе Мерседес-Бенц GL350

верхняя часть двигателя, цилиндро – поршневая группа и кривошипно – шатунный механизм, шатуны не имеют никаких видимых повреждений, что дает основание полагать, что разрушение коленвала не могло быть связано с превышением допустимых оборотов (кроме того автомашины оборудована автоматической коробкой передач, что исключает превышение оборотов и их влияние на поломки и неисправности) и вызвано другими причинами поломки.

Гидроудар - деформация и последующее разрушение шатуна, а за ним и поломки коленвала в результате гидроудара возникает при поступлении в полость цилиндра любой посторонней жидкости – воды из глубокой лужи, попавшей в заборный патрубок системы впуска, охлаждающей жидкости, поступившей через негерметичную прокладку головки блока цилиндров, топлива, поступившего через неисправную форсунку, или масла, поступившего через неисправное уплотнение [30]. По основным признакам гидроудара было установлено, что в рассматриваемом объекте исследования – двигателе Мерседес-Бенц GL350 поврежденные детали не имеют никаких видимых признаков гидроудара, что дает основание полагать, что последний не является причиной неисправности двигателя.

Детонация и перегрев. Снижение эффективности охлаждения приводит к уменьшению отвода тепла от поршня в стенки цилиндра. Температура поршня увеличивается, уменьшается зазор между поршнем и цилиндром. На отдельных участках юбки поршня (обычно ближе к бобышкам) зазор уменьшается до нуля, появляется давление поршня на стенки, дополнительные силы трения и разогрев юбки [33]. На цилиндре и поршне образуются задиры, причем процесс носит лавинообразный характер - чем больше сила трения, тем больше температура, что приводит к еще большему увеличению силы трения и, в конце концов, заклиниванию двигателя. В рассматриваемом объекте исследования – двигателе Мерседес-Бенц GLK350 при отсутствии видимых повреждений цилиндров, поршней, прокладки блока цилиндров, блока цилиндров, системы газораспределительного

механизма и составляющих ее деталей, имеется основание полагать, что разрушение коленвала не могло быть связано с перегревом двигателя и наступления режима детонации и вызвано другими причинами поломки.

При некачественной сборке двигателя и установки коленвала. При разборке исследуемого двигателя не найдено каких-либо других следов разборки двигателя, выполненной ранее (к примеру, замятые шлицы болтов и гаек, поврежденные резьбы, отсутствующий крепеж и т.д.). Отсутствие ремонтов также подтверждено документами. Этот факт свидетельствует о том, что в исследуемом двигателе ранее не проводилось никаких ремонтов, двигатель до поломки не разбирался, поэтому неквалифицированный ремонт не может быть причиной поломки коленвала.

Производственный дефект. Несоответствие продукции требованиям нормативной документации на изготовление относится к производственным дефектам. Такие дефекты формируются в процессе изготовления деталей, сборки и отладки конструктивных единиц (узлов и агрегатов). К этому виду можно отнести дефекты, обусловленные несоответствием используемых материалов требованиям технологической документации, нарушением технологии производства продукции, неквалифицированными действиями персонала.

Попадание постороннего предмета в цилиндро – поршневую группу и кривошипно - шатунный механизм как и вторичное разрушение при воздействии на поршень ударных нагрузок в результате столкновения с ранее разрушенными деталями дают практически всегда разрушение деталей цилиндра – поршневой группы. В рассматриваемом объекте исследования – двигателе Mercedes-Benz GLK350 при отсутствии видимых повреждений сопряженных деталей в цилиндро – поршневой группе и кривошипно - шатунного механизма, имеется основание полагать, что разрушение коленвала не могло быть связано с попадание посторонних предметов в систему и вызвано другими причинами поломки.

Масляное голодание является одной из самых распространенных причин обрыва шатуна, деформации вкладышей подшипников, повышению трения и износа сопряженных деталей в площади их соприкосновения. При наступлении данного режима, вызванного чрезмерно низким уровнем масла или дефектами в системе смазки, применительно к деталям кривошипно - шатунного механизма пленка масла, разделяющая рабочие поверхности шейки коленчатого вала и вкладыша, разрушается, возникает непосредственный контакт деталей, их разогрев до высокой температуры. Поскольку рабочий слой вкладыша изготовлен из легкоплавкого антифрикционного материала, материал плавится и разрушается, что вызывает непосредственный контакт шейки вала со стальной основой вкладыша, задиры на шейке, перегрев шейки и нижней головки шатуна с последующим ее разрушением [11]. Режим масляного первоначально возникает при недостаточной подаче масла к трущимся поверхностям подшипника, в результате чего при заданной нагрузке масляная пленка становится тоньше. Помимо этого, уменьшение подачи масла в подшипник приводит к ухудшению отвода тепла и повышению температуры масла и самого подшипника, что еще больше уменьшает толщину пленки и вызывает сильный разогрев подшипника от трения непосредственно контактирующих деталей – вкладыша и шейки коленвала.

Не поступление моторного масла (смазки) к поверхностям трения в подшипниках и узлах скольжения двигателя может образоваться из-за одного или сочетания нескольких следующих факторов [11]:

- неполное сгорание рабочей смеси в цилиндрах двигателя, что может привести к засорению каналов системы смазки двигателя механическими примесями и продуктами неполного сгорания, а также смыванием моторного масла со стенок цилиндра несгоревшим топливом;

- неисправность масляного насоса;

- понижение уровня моторного масла в поддоне картера двигателя ниже допустимого.

- уменьшение пропускной способности ветвей масляной магистрали из-за дефектов, либо неправильной установки элементов двигателя способных перекрыть масляные каналы.

В исследуемом двигателе Мерседес-Бенц GLK350 обнаружены признаки (последствия которых изложены выше), которые могут указывать на наличие лишь условий недостаточной смазки, а не масляного голодания в целом в системе смазки узлов трения (в результате полного отсутствия масла, или его не поступление в систему смазки). Таким образом, единственно возможными причинами разрушения коленчатого вала и вкладышей исследуемого двигателя могут соответствовать предварительно только пятый и седьмой признак (из числа семи выше рассмотренных), в то время как по другим признакам наблюдается явное несоответствие. В соответствии с проведенным исследованием можно выделить две модели в рамках разработанной частной методики исследования развития разрушений деталей исследованного двигателя, которые указаны в таблице 2.

Таблица 2 - Модели частной методики исследования разрушений

Модель 1	Модель 2
Причина разрушения двигателя и его поломки – локальный недостаток смазки в зоне сопряжения поврежденных деталей двигателя (вкладышей, шеек)	Причина разрушения двигателя и его поломки – производственный дефект коленчатого вала либо вкладышей коренных подшипников.
Как следствие будет – разрушение коленчатого вала	Как следствие будет - продолжительное сухое трение в зоне сопряжения вкладышей, шеек в процессе продолжительного периода времени находясь в агрессивной среде повышенного трения.

Модель №1 (проворот вкладыша подшипника возник первым). Механизм разрушения тут будет следующий: при работе двигателя происходит проворачивание подшипника третьей опоры коленчатого вала двигателя в направлении вращения коленчатого вала двигателя на угол при

котором частично перекрывается масляный канал, по которому масло поступает к подшипнику третьей опоры коленчатого вала и по соответствующему каналу в коленчатом вале к подшипнику шатуна. В результате этого подшипники испытывали недостаток смазки при работе двигателя, в следствии чего происходит перегрев шатунной шейки коленчатого вала с разрушением подшипника третьей постели вала и повышенный износ подшипника четвертой постели. Нагрев и плотное сжатие поверхностей коленчатого вала к вкладышу коренного подшипника привело к сухому трению в зоне сопряжения и возникновению сил, вызвавших заклинивание и изгиб вала, его деформацию и при дальнейшем воздействии при прокручивании коленчатого вала привело к его излому и последующему заклиниванию. Такие ситуации нередко приводят к задирам поверхностей и заклиниванию.

Модель №2 (коленчатый вал разрушен первым - обусловлен его дефектом). Развитие усталостной трещины в щеке противовеса вала не может возникнуть беспричинно, само по себе, поэтому если усталостный характер данного излома никак не связан с длительной работой вала в условиях пониженного и недостаточного поступления масла, то необходимо найти, связано ли данное разрушение какими-либо другими причинами. Однако никаких других причин, способных вызвать усталостное разрушение вала, ни при осмотре, ни при дальнейшем анализе причин разрушения двигателя, не выявлено и не усматривается. Более того, сам факт поломки вала именно там, где были обнаружены следы повышенного трения вкладышей и шеек было обусловлено дополнительными нештатными ударными нагрузками, вызванными работой вала.

В соответствии с этим, масляное голодание не является причиной разрушения коленчатого вала исследуемого двигателя, а может являться следствием, повлекшим повышенный абразивный износ других деталей кривошипно - шатунного механизма после появления и распространения металлических частиц материала коленвала (при образовании и развитии в

нем трещины), закупоривании масляных каналов, повышенном трении из – за этого в двух вкладышах, провороте одного из них и таким образом закрытие провернутым вкладышем каналов для поступления смазки именно в эту часть смазывания. Однако коленчатый вал еще вращался при повышенных нагрузках и с зародившейся трещиной.

Образование в данном случае повреждений вкладышей подшипников и смещения 3-го вкладыша, задиров и царапин шеек коленвала, указывает лишь на возникновение условий частичного перекрытия масляных каналов в данной зоне вращения и трения, именно в этих в опорах (3-я и 4-я постель) коленчатого вала за счет смещения элементов подшипников установленных в них, чем и вызвать недостаточное поступление масла на данном участке.

В последующим металлические частицы вала от развития трещины вала (разрыв в зоне концентрации повышенных напряжений в зоне вращения в верхней части шейки вала) постепенно по прошествии определенного времени попадали в зону сопряжения вкладыша, шейки и вала, происходит повышенное трение, засорение масляных магистралей, масляного фильтра, насоса, недостаток поступления масла в подшипники, коленчатый вал нагревается до недопустимых температур, проворачивается вкладыш, заклинивает вал. Зарождение усталостной трещины именно в той зоне расположения балансирующей щеки коленвала, которая прилегает к шейке и находится в зоне 3-го вкладыша (обе детали с максимально повышенным износом и повреждениями). Влечет повышенную нагрузку в той части крепления коленвала, ведет дисбаланс в двигателе.

В этом случае поломка детали с признаками усталости и является причиной всех прочих поломок, что помогает точно установить причинно-следственные связи при исследовании неисправностей в ДВС. Указанный факт свидетельствует о сравнительно длительном периоде работы двигателя с данной неисправностью.

В связи с чем, в рамках настоящего исследования двигателя Мерседес-Бенц GLK350 точно подтвердить или опровергнуть это предположение о

наличии дефекта в коленчатом вале и вкладышах подшипника 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, является сферой деятельности металловедческой экспертизы с использованием установленного сертифицированного оборудования в лабораторных условиях.

Таким образом, вышеописанный и рассмотренный пример автотехнической экспертизы двигателя автомашины Мерседес Бенц GLK350 позволяет проследить наличие определенных факторов, способствовавших повышению эффективности проведения экспертиз подобного рода, в том числе и возможную экономическую эффективность экспертизы, проведенной по предложенной методике по сравнению с действующими типовыми методами исследования.

Эффективность предлагаемого решения рассмотрена с точки зрения объема проведения мероприятий по осмотру двигателя и затрат на проведение всех мероприятий при осмотре объекта исследования, что может подтверждать использования предложенной методики с целью минимизировать и вовсе устранить ошибочное определение причин неисправностей, что в дальнейшем может повлиять на объективность, достоверность и достаточность выводов эксперта, и в совокупности может снизить денежные затраты на подготовительные мероприятия к экспертизе, виды и количество применяемого оборудования, перечень задействованных квалифицированных специалистов и обслуживающего персонала и общую трудоемкость проводимых работ по исследованию и осмотру объекта.

На основе применения методов неразборной диагностики механической части двигателя удалось избежать разборки и исследования всей топливной системы с исследованием каждого элемента, что существенно сказалось на трудозатратах и стоимости работ по разборке двигателя, что указано в калькуляции расчета стоимости затрат в таблице 3 и таблице 4, а также

исключить в качестве основной причины неисправности двигателя отказы в топливной системе, неисправности ТНВД и системе газораспределительного механизма.

Таблица 3 – Калькуляция по определению стоимости трудоемкости работ по ремонту транспортного средства MERCEDES-BENZ без применения предложенных мер безразборного исследования

Наименование	Цена рублей	Норматив нормо-час	Сумма рублей
провести краткий тест, диагностика пуска подкл/ откл, провести краткий тест, данные распечатать, блок памяти неисправностей очистить	3 500.00	0.2500	875.00
клемма массы акб с/у при разрыве электрического соединения	3 500.00	0.1666	583.00
топливный бак слив - заправка	3 500.00	0.4166	1 458.00
перегородка под крылом з правая - с/у	3 500.00	0.5000	1 750.00
воронка топливного бака - с/у	3 500.00	0.4166	1 458.00
свечи накаливания - с/у	3 500.00	1.0833	3 792.00
распылители форсунок - с/у	3 500.00	1.5833	5 542.00
колесо заднее -с/у	3 500.00	0.3333	1 167.00
топливный бак - с/у	3 500.00	2.9166	10 208.00
бак adblue - с/у	3 500.00	1.4166	4 958.00
залив горловина бачок (разобрать/собрать)	3 500.00	0.8333	2 917.00
распылитель форсунки (разобрать/собрать)	3 500.00	0.3333	1 167.00
провод адаптера (разобрать/собрать)	3 500.00	0.5000	1 750.00
топливн электронасос (разобрать/собрать)	3 500.00	0.5000	1 750.00
топливный фильтр (разобрать/собрать)	3 500.00	0.3333	1 167.00
камера всасывания (разобрать/собрать)	3 500.00	0.3333	1 167.00
облицовка задняя правая (разобрать/собрать)	3 500.00	0.3333	1 167.00
топливная рампа правая (разобрать/собрать)	3 500.00	0.3333	1 167.00
клапан давления (разобрать/собрать)	3 500.00	0.3333	1 167.00
насос высокого давления (проверить)	3 500.00	0.5833	2 042.00
итого			47 250.00

Таблица 4 – Калькуляция по определению стоимости трудоемкости работ по ремонту транспортного средства MERCEDES-BENZ с применения предложенных мер безразборного исследования

Наименование	Цена, рублей	Норматив норма-час	Сумма рублей
провести краткий тест включить диагностика пуска подкл/откл, провести краткий тест, данные распечатать, блок памяти неисправностей очистить	3 500.00	0.2500	875.00
клемма массы акб с/у при разрыве электрического соединения	3 500.00	0.1666	583.00
свечи накаливания - с/у	3 500.00	1.0833	3 792.00
распылители форсунок - с/у	3 500.00	1.5833	5 542.00
распылитель форсунки 1-6 диагностика	3 500.00	2.000	7 000.00
итого			17 792.00

Особенности предлагаемой методики позволяют сохранить объект исследования в первоизданном виде без применения неоправданной разборки, дефектовки и разрушающих методов контроля и диагностики двигателя путем правильного и своевременного выбора наиболее экономически эффективного вида ремонтных работ, инструмента и оснастки, а также за счет определения индивидуальной тактики поиска неисправностей (последовательность исследования, выбор соответствующих методов и инструментов, обеспечивающих полноту и достоверность результатов).

В каждом конкретном случае выбор тактики поиска неисправностей зависит от наличия и характера повреждений исследуемого ТС, соответствующих условий и оборудования, известных обстоятельств рассматриваемого происшествия, что делает необходимым определение частной методики с учетом полученных и обнаруженных видов повреждений, дефектов и неисправностей, и может в дальнейшем исключить необходимость повторного осмотра данного объекта.

На основе применения частной методики с выделением групп признаков удалось избежать разборки и исследования элементов выхлопной системы, исследования катализатора, системы охлаждения двигателя с исследованием каждого элемента, что существенно сказалось на

трудозатратах работ по разборке двигателя, что указано в калькуляции расчета стоимости в таблице 5 и таблице 6), так как возможно было исключить в качестве основной причины неисправности двигателя неисправности системы охлаждения и выхлопной системы.

Таблица 5 – Калькуляция по определению стоимости трудоемкости работ по ремонту транспортного средства MERCEDES-BENZ с применения предложенных мер частных моделей исследования

Наименование	Цена рублей	Норматив норма-час	Сумма рублей
провести краткий тест включения, диагностика пуска подкл/откл, провести краткий тест, данные распечатать, блок памяти неисправностей очистить	3 500.00	0.2500	875.00
клемма массы акб с/у при разрыве электрического соединения	3 500.00	0.1666	583.00
части шумопоглощающего кожуха (все) на нижней стороне двигателя с/у	3 500.00	0.4166	1 458.00
двигатель с кпп - с/у	3 500.00	7.7500	27 125.00
кпп от-/прифланцевать (двигатель с кпп сняты)	3 500.00	1.3333	4 667.00
снятый двигатель на сборочном стенде закрепить, сторона отбора мощности раскрыта	3 500.00	0.4166	1 458.00
коленчатый вал с/у,	3 500.00	5.000	17 500.00
радиатор - с/у вкл: модуль вентилятора и промежуточный охладитель - с/у.	3 500.00	2.0000	7 000.00
конденсатор - с/у (радиатор снят)	3 500.00	0.4166	1 458.00
компрессор кондиционера - с/у	3 500.00	1.0833	3 792.00
система выпуска в сборе - с/у	3 500.00	2.6666	9 333.00
хладагент (все системы кондиционирования) слить, проверить (при работах на системе) работах с системой)	3 500.00	0.7500	2 625.00
давление в системе пневматического подрессоривания (airmatik) спереди спустить и заполнить воздухом	3 500.00	0.5833	2 042.00
турбина (разобрать/собрать)	3 500.00	0.5000	1 750.00
выпуск коллектор левый (разобрать/собрать)	3 500.00	0.5000	1 750.00
защитный экран передний (разобрать/собрать)	3 500.00	0.5000	1 750.00
итого			85 200.00

Таблица 6 – Калькуляция по определению стоимости трудоемкости работ по ремонту транспортного средства MERCEDES-BENZ с применения предложенных мер частных моделей исследования

Наименование	Цена рублей	Норматив норма-час	Сумма, рублей
провести краткий тест включить диагностика пуска подкл/откл, провести краткий тест, данные распечатать, блок памяти неисправностей очистить	3 500.00	0.2500	875.00
клемма массы акб с/у при разрыве электрического соединения	3 500.00	0.1666	583.00
части шумопоглощающего кожуха (все) на нижней стороне двигателя с/у	3 500.00	0.4166	1 458.00
двигатель с кпп - с/у	3 500.00	7.000	27 125.00
кпп от-/прифланцевать (двигатель с кпп сняты)	3 500.00	1.3333	4 667.00
снятый двигатель на сборочном стенде закрепить, сторона отбора мощности раскрыта	3 500.00	0.4166	1 458.00
коленчатый вал с/у, заменить (двигатель снят)	3 500.00	5.000	17 500.00
давление в системе пневматического подрессоривания (airmatik) спереди спустить и заполнить воздухом	3 500.00	0.5833	2 042.00
итого			55 708.00

Внедрение разработанной системы может способствовать оптимизации рабочего процесса эксперта при проведении исследования, уменьшению затрат на оплату труда и стоимости самой экспертизы, общему повышению качества предоставляемых экспертных услуг. Неизменно это приведет к повышению удовлетворенности клиентов, судебных органов, для которых произойдет сокращение временных потерь и снижение затрат на проводимый объем экспертиз.

Конкретное содержание предлагаемых методов исследования и последовательность операций выбирается экспертом исходя из функционального назначения и конструкции двигателя, известных признаков возможных неисправностей (с перечнем которых необходимо всегда на стадии подготовки к исследованию предварительно ознакомиться, как и с типичными причинами их возникновения). Достоинством предлагаемой методики является разбиение признаков неисправностей по их важности,

выделение всего перечня возможных причин неисправностей, построение нескольких моделей исследования и выдвижение версий путем их непосредственного сравнения. Данный прием позволяет выявить важные особенности каждого из рассмотренных видов неисправностей, поэтому и была сделана попытка сформулировать общий алгоритм поиска причины возникновения неисправности.

Таким образом, в настоящей главе были рассмотрены основные этапы проведения экспертизы двигателя на примере автомашины Мерседес Бенц GLK350, с сопутствующим анализом мер эффективности исследования технического состояния двигателя на каждом из сложившихся этапов. Проведен полный анализ возможных причин разрушения деталей двигателя Мерседес-Бенц GLK350 и последовательно рассмотреть все возможные причины поломок с подробным рассмотрением всех сопутствующих признаков разрушения. На основании этого выделены модели частной методики исследования разрушений, что в совокупности может способствовать повышению эффективности проведения подобного рода экспертиз, повысить экономическую эффективность исследования, снижению затрат на проведение мероприятий при осмотре объекта исследования, минимизировать и устранить ошибочное определение причин неисправностей. Проведен анализ эффективности, по результатам которого удалось избежать разборки и исследования всей топливной системы с исследованием каждого элемента, что существенно сказалось на трудозатратах и стоимости работ, внедрение разработанной системы может способствовать оптимизации рабочего процесса эксперта при проведении исследования, уменьшению затрат на оплату труда и стоимости исследования.

Заключение

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать следующие выводы. Необходимость проведения автотехнической экспертизы технической состояния транспортных средств возникает при разных обстоятельствах и на различных этапах жизненного цикла автомашины. Транспортные средства проходят технический осмотр, который проводится с различной периодичностью в зависимости от категории транспортного средства, сферы его использования и возраста. Основной целью проведения технического осмотра является оценка соответствия транспортных средств обязательным требованиям безопасности.

По сути, технический осмотр является экспертизой технического состояния транспортного средства, проводимой аттестованными специалистами по установленной стандартной методике, в соответствии с установленными правилами и с использованием надлежащих технических средств.

Исследование технического состояния транспортного средства проводится также страховой компанией при заключении договора страхования КАСКО и затем при обращении страхователя по поводу повреждения транспортного средства и возмещения причиненного вреда.

Исследование технического состояния транспортного средства осуществляет ремонтная организация на этапе приемки для определения содержания и стоимости ремонтных работ, перечня и стоимости необходимых запасных частей и материалов.

Также техническое состояние транспортного средства исследуется для решения задач оценки для решения задачи определения стоимости ремонта транспортного средства необходимо определить повреждения, неисправности, возникшие у транспортного средства, а следовательно, решение этой задачи прямо связано с исследованием технического состояния транспортного средства.

Рассмотренные примеры, в которых требуется исследование технического состояния транспортного средства в том числе и двигателя, решаемые экспертные задачи не исчерпывают все многообразие ситуаций, которые встречаются на жизненном цикле транспортного средства. Поэтому требуется большое число квалифицированных экспертов в этой области. Автомобильная техника становится более сложной. В современных транспортных средствах появляются не только новые конструктивные решения в традиционных агрегатах и системах, но и совершенно новые устройства, которые ранее на транспортных средствах не использовались.

В учебных заведениях России готовят специалистов по многим экспертным специальностям, но в данной области экспертной деятельности с учетом решаемых задач многообразия и разноплановости объектов исследования подготовка экспертов не ведется. Специалисты, работающие в этой сфере, как правило, самостоятельно изучают эти вопросы и разрабатывают методики экспертного исследования. Отсутствует не только система подготовки специалистов такого профиля, такой специализации, но и система взаимного профессионального общения, что затрудняет обмен опытом и приход в эту сферу деятельности новых специалистов, а также сдерживает их профессиональный рост.

Поэтому при формировании мер, направленных на повышение эффективности экспертного исследования на каждой их стадий, в проделанной работе проанализированы и систематизированы типичные ошибки в методиках автотехнического исследования с учетом особенностей анализа неисправностей двигателя, которые могут быть следующие и часто встречающиеся в практике:

- не учтено, что неисправности в одной системе ДВС ведет повреждения и неисправности в других (для исследования и анализа приходится изучать весь двигатель, включая и систему управления);

- рассматривают неисправность как следствие заводского дефекта без исследования всех признаков эксплуатационного повреждения;

- не запрошены, не изучены документы по истории эксплуатации ТС и ранее проведенных ремонтов и диагностики, отсутствует анализ истории эксплуатации экспертом;

- необоснованная разборка ДВС, без выполнения его диагностики, без фиксации уровней технических жидкостей, без измерения деталей, либо неполная разборка ДВС при серьезных повреждениях и поломках, нет привязки диагностики и истории эксплуатации ТС;

- не производится отбор для дальнейшего исследования отдельных деталей, когда это требует необходимости;

- не описан объект исследования, неясен тип и модель двигателя;

- исследованы не все детали и узлы, агрегаты, нет анализа состояния деталей по результатам измерений;

- не использована специальная литература по неисправностям деталей;

- нет анализа признаков и соответствующих им причин неисправностей;

- рассмотрены не все возможные причины неисправностей, соответствующие имеющимся признакам, нет обоснования и доказательств выбранной экспертом причины.

В настоящей работе дан общий подход к исследованию технического состояния двигателей автомобилей, представлены методики экспертного исследования и практического определения причин неисправностей двигателей. Приводится обширный справочный материал и результаты реальных исследований причин неисправностей автомобильной техники, что может быть использовано в практической повседневной профессиональной деятельности судебных экспертов, руководителей и работников автоцентров, транспортных предприятий, юристов, инженеров, а также студентов учреждений высшего образования, обучающихся по техническим специальностям.

Список используемых источников:

1. Автомобильный справочник / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов и др. / иод общ. 1 ед. В.М. Приходько. М.: Машиностроение, 2004 - 320 с.
2. Вахламов В.К. Автомобили. Конструкция и элементы расчета. М.: «Академия», 2006, С. 30-74.
3. Гольчевский, Ф.М. Власов, А.А. Несмеянов, Н.К. Чепурных, Д.В. Седов, С.Н. Думнов. Теоретические основы решения практических задач автотехнической экспертизы. Ч.2: Проведение судебных автотехнических экспертиз: В – Иркутск: ФГКОУ ВПО ВСИ МВД РФ, 2014, С. 105-115.
4. ГОСТ 8(К)2-74. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Воздухоочистители. Методы стендовых безмоторных испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1984 – 34 с.
5. ГОСТ Р 53840-2010. Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2010 – 43 с.
6. ГОСТ Р 53812-2010. Двигатели автомобильные. Толкатели клапанов. Технические требования и методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2010– 34 с.
7. ГОСТ 27.002-89. «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения». - М.: Изд-во «Национальные стандарты», 2007. - 24с.
8. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения. М.: Стандартиформ, 2009 – 18 с.
9. ГОСТ 15895-77. Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов. 1991.
10. Двигатели внутреннего сгорания. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. Под ред. С. Орлина, М. Круглова, м.:-1984-384с, С. 145-164.

11. Дроздовский В. Б., Лосавио С. К., Хрулев А. Э. Экспертиза технического состояния и причины неисправностей автомобильной техники. - М.: Издательство АБС 2019. - 966 с, С. 111-216.
12. Евтюков С. А., Васильев Я. В., Е27, Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. Справочник. - СПб.: Издательство ДНК, 2006, С. 202-222.
13. Исследование автотранспортных средств в целях определения стоимости восстановительного ремонта и оценки. (Методическое руководство для судебных экспертов Российского Федерального Центра Судебной Экспертизы при Минюсте России. Москва 2018 год - 324 с.
14. Методические основы судебно-экспертного исследования технического состояния транспортных средств. – Киев: РИО МВД УССР, 1982 - 215 с.
15. Машиностроение. Энциклопедия. Двигатели внутреннего сгорания. Т. IV-14 / Л. В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков и др. / под общ. ред. А.А. Александрова. Н.А. Иващенко. М.: Машиностроение. 2013 - 280 с.
16. Методы исследования материалов и деталей машин при проведении автотехнической экспертизы: учеб. пособие Л.П. Шестопалова, Т.Е. Лихачева. – М.: МАДИ, 2017. – 180 с, С. 30-48.
17. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн., Кн.1/ Под ред. П.Н.Учаева. – М.: Машиностроение, 1988–560 с.
18. Осеичугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета. М.: «Машиностроение», 1989, С. 30-48.
19. Петросов В. В. Ремонт автомобилей и двигателей: учебник для студ. учреждений сред, проф. образования. 6-е изд., стер. М.: Академия. 2012 – 413 с.

20. РД №37.009.024-92 «Приемка кузовов в ремонт и выпуск их из ремонта кузовов легковых автомобилей предприятиями автотехобслуживания» - 31 с.
21. РД №37.009.026-92 «Положение о техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств, принадлежащих гражданам (легковые и грузовые автомобили, автобусы, минитрактора)» - 54 с.
22. Руководство по эксплуатации техническому обслуживанию и ремонту автомобилей Мерседес-Бенц GLK350 – 348 с.
23. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» (с изм. на 14 октября 2015г.). [Электронный ресурс]. Официальный сайт Евразийской экономической комиссии (ЕЭК), 2015.
24. Технический контроль колесных транспортных средств (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Нижегородский государственный технический университет, Нижний Новгород, выпуск №2, 2015г., С. 30-48.
25. Федеральный закон от 31 мая 2001 г. N 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» (ред. от 12.04.2021).
26. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов.- М.: Наука, 1970.- 470с.
27. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Изд-во "За Рулем", М.:1998., 480с, С. 208-324.
28. Хрулев А.Э. Дьявол в деталях. Ч. 2 // Автомобиль и сервис. 2012. N93. С. 28-30.
29. Хрулев А.Э., Кочурсико Ю.В. Методика определения причины неисправности ДВС при тяжелых эксплуатационных повреждениях // Двигатели внутреннего сгорания. 2017. №1. С. 52 - 60.
30. Хрулев А.Э. Об экспертизе. причинно-следственных связях и экспертах. Ч. 1,2 // Автомобиль и сервис. 2008. №6. С. 66-69; N 7. С12-16.

31. Хрулев А.Э. Усталость бывает разная... или О допустимых оборотах и их превышении // Автомобиль и сервис. 2010. № 5. С. 54-58.
32. Хрулев А.Э. Серьезные последствия маленьких проблем // Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт. 2009. №3. С. 15-17.
33. Чейз Д.М., Ходдерман Д.Д. Автомобильные двигатели. Теория и техническое обслуживание / пер. с англ М.: Вильямс, 2006 – 319 с.
34. BOSCH. Автомобильный справочник. 3-е изд., перераб. и доп. / пер. с англ. М.: КЖИ «За рулем», 2012 - 43 с.