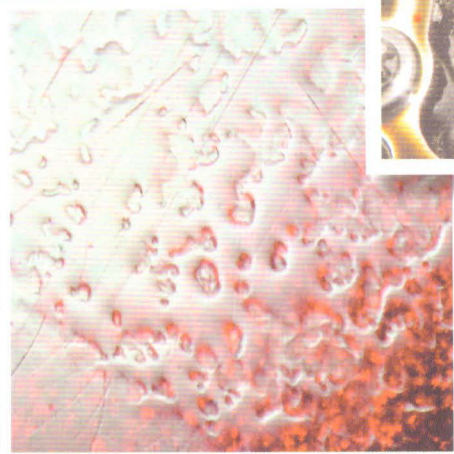
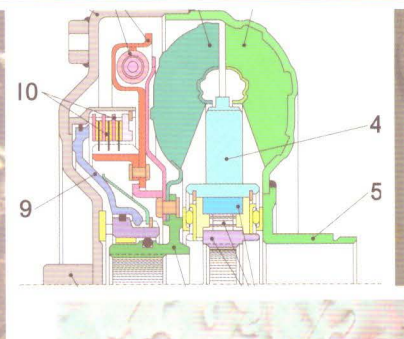


• 000 Издательство АБС •

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ АССОЦИАЦИИ

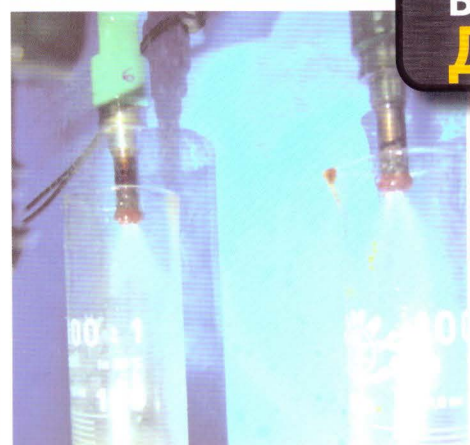
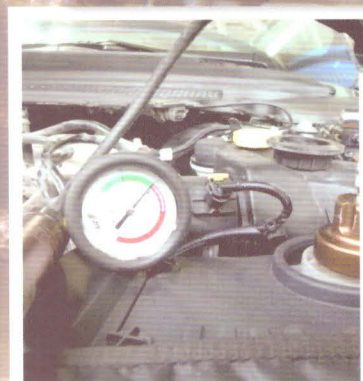
автомобильные
дилеры



Александр
Хрулев

Сергей
Лосавио

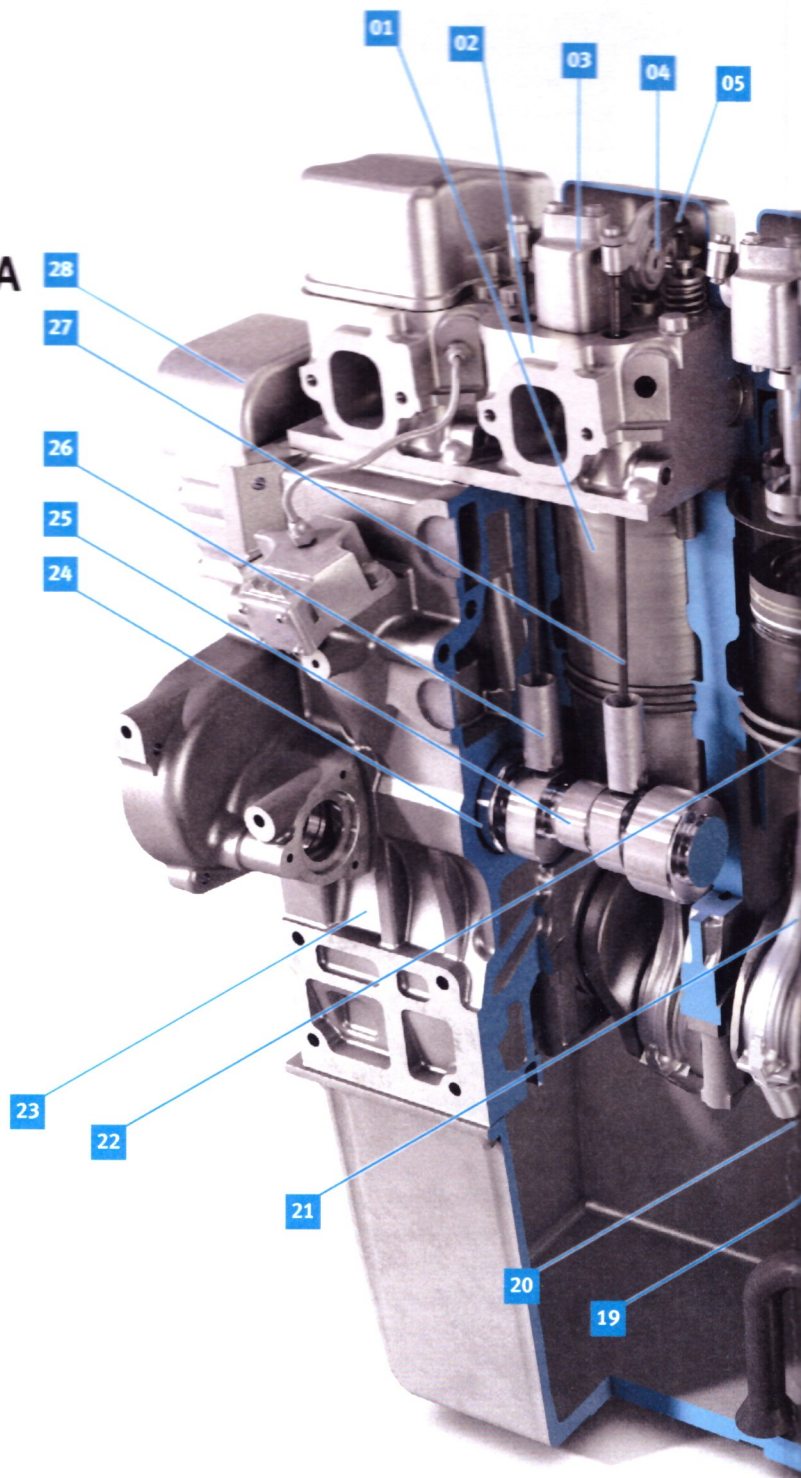
Владимир
Дроздовский



Экспертиза
технического состояния
и причины неисправностей
автомобильной техники

ЧАСТИ ДВИГАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРЕМИУМ-КЛАССА

- 01 Гильза цилиндра
- 02 Головка блока цилиндров
- 03 Опорный кронштейн коромысла
- 04 Втулка коромысла
- 05 Коромысло
- 06 Направляющая клапана
- 07 Кольцо седла клапана
- 08 Поршень
- 09 Поршневые кольца
- 10 Пружина клапана + принадлежности
- 11 Впускной/выпускной клапаны
- 12 Болт крепления головки блока цилиндров
- 13 Втулка нижней головки шатуна
- 14 Шатунный подшипник
- 15 Масляная форсунка
- 16 Маховик
- 17 Масляный насос
- 18 Коренной подшипник
- 19 Коленчатый вал
- 20 Шатунный болт
- 21 Шатун
- 22 Уплотнительные кольца
- 23 Картер
- 24 Подшипник распределительного вала
- 25 Распределительный вал
- 26 Толкатель
- 27 Штанга толкателя
- 28 Водяной насос



ENGINE COMPONENTS

OUR **HEART** BEATS FOR YOUR ENGINE.



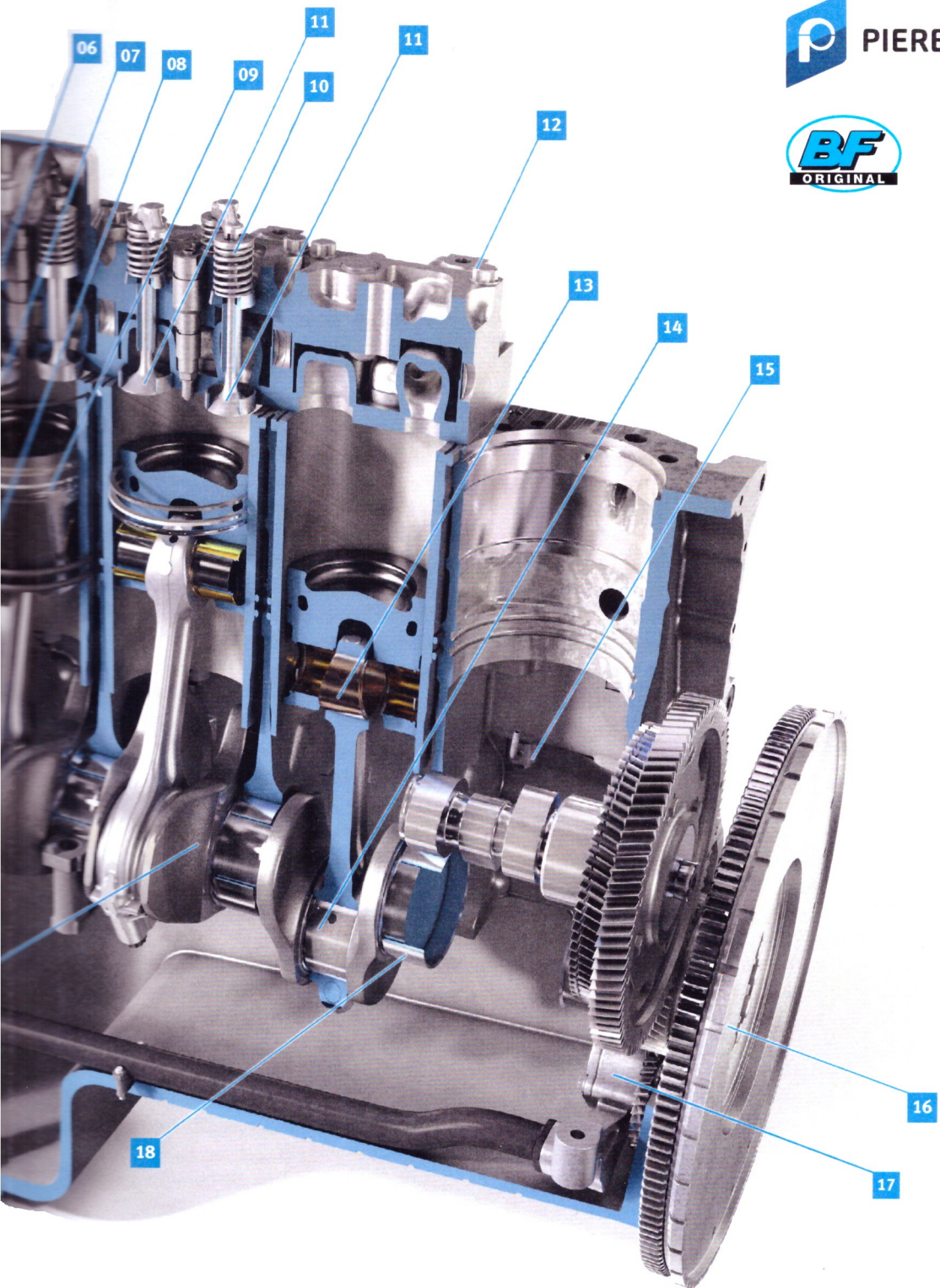
KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



TRW
EngineComponents



www.ms-motorservice.com
© MS Motorservice International GmbH - 50020011-09 - RU - 02/17 (022019)



MOTORSERVICE
RHEINMETALL AUTOMOTIVE

Экспертиза

**технического состояния
и причины неисправностей
автомобильной техники**



KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



TRW
EngineComponents

www.ms-motorservice.com

SERVICE DRIVEN

Группа Motorservice

Качество и сервис из одних рук

Группа Motorservice – это организация по сбыту продукции концерна Rheinmetall Automotive, активно действующая на мировом рынке обслуживания автомобилей. Она является ведущей фирмой, предлагающей компоненты двигателей для свободного рынка запасных частей. Широкий и всеобъемлющий ассортимент группы Motorservice, включающий в себя продукцию марок премиум-класса Kolbenschmidt, Pierburg, TRW Engine Components, а также марки BF, позволяет клиентам приобретать компоненты двигателей высшего качества из одних рук. Для решения задач торговых предприятий и мастерских она предлагает также широкий спектр услуг. Таким образом клиенты группы Motorservice значительно выигрывают от специализированного технического ноу-хау крупного поставщика мировой автомобильной промышленности.

Rheinmetall Automotive

Пользующийся хорошей репутацией поставщик мировой автомобильной промышленности

Rheinmetall Automotive представляет собой подразделение мобильности технологического концерна Rheinmetall Group. Предлагая продукцию марок премиум-класса Kolbenschmidt, Pierburg и Motorservice, Rheinmetall Automotive занимает на соответствующих рынках ведущие в мире позиции в таких областях, как снабжение воздухом, уменьшение содержания вредных веществ и насосы, а также по разработке и производству поршней, блоков цилиндров двигателей и подшипников скольжения, включая поставку запасных частей к ним. Низкий уровень выбросов вредных веществ, экономный расход топлива, надежность, качество и безопасность являются определяющими стимулами к созданию новаторских решений Rheinmetall Automotive.

www.ms-motorservice.com

На рецензирование представлена рукопись, включающая 926 стр. машинописного текста, большое количество иллюстративного материала: фотографий, рисунков, схем и таблиц.

Рукопись посвящена вопросам назначения и порядка проведения экспертизы технического состояния автотранспортных средств. Подробно описаны основные понятия, назначение, задачи, виды экспертиз, нормативные требования к экспертам, процедуре проведения и порядку оформления результатов экспертиз.

Особое внимание в рукописи уделено вопросам экспертизы технического состояния агрегатов и систем автомобилей. Очевидно, что от правильного определения причин возникновения неисправностей зависит не только выбор технологии устранения дефектов и повреждений автомобилей при последующем ремонте, но и решение вопроса об ответственности, предупреждение повторения отказов в дальнейшем, снижение аварийности и повышение безопасности эксплуатации автомобилей. При тяжелых повреждениях, когда образуется значительное количество фрагментов разрушенных деталей и сопутствующие отказы, определение основной причины неисправности, которая привела к таким разрушениям, может быть сильно затруднено и представлять для исследователя (эксперта) особую сложность. В связи с этим актуальность данной рукописи представляется достаточно высокой, а результаты, позволяющие выявлять причины не только эксплуатационных неисправностей, но и производственных дефектов автомобилей, имеют очевидную практическую значимость.

Заслуживает внимания выполненный авторами на основе фактического материала подробный сравнительный анализ признаков возникновения различных видов неисправностей и повреждений ДВС, коробок передач, систем рулевого управления, тормозных систем, а также лакокрасочных покрытий с учетом эксплуатационных и производственных факторов. Авторам рукописи удалось на конкретных иллюстративных примерах показать, что несмотря на близкие по внешнему виду последствия неисправностей, различия в некоторых незначительных на первый взгляд признаках играют ключевую роль и вполне обоснованно

указывают на разные причины возникновения повреждений и отказов.

Несомненным достоинством рукописи является выполненное авторами разбиение признаков неисправностей по их важности на главные, подтверждающие и уточняющие. Данный прием, несмотря на некоторую его искусственность, позволил выявить важные особенности каждого из рассмотренных видов неисправностей, откуда авторами была сделана попытка сформулировать некий общий алгоритм поиска причины возникновения неисправности автомобиля.

Такой алгоритм действий, названный авторами методикой, обладает несомненной новизной и может 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. Структура и форма изложения материала рукописи отличаются логичностью и простотой, которые обеспечивают относительную легкость понимания предмета.

Практическая значимость данной рукописи заключается не только в ожидаемой эффективности применения результатов для исследований причин неисправностей автомобилей, но и в конкретных рекомендациях авторов, сделанных на основании полученных данных, по созданию и совершенствованию методик исследования возникновения неисправностей различных узлов и систем автотранспортных средств. При этом результаты работы могут быть также интересны при анализе производственных процессов с целью повышения эксплуатационной надежности автомобилей.

Терминология, принятая в рукописи, является общепринятой, встречающейся в Государственных стандартах, Технических условиях и других нормативных документах. Особенно хочется отметить отличное качество иллюстративного материала.

Считаю, что рукопись к.т.н. Хрулева А.Э., к.т.н. Лосавио С.К. и Дроздовского В.Б. «Экспертиза технического состояния и причины неисправностей автомобильной техники» соответствует требованиям, предъявляемым к работам такого рода и может быть рекомендована к публикации.

*Рецензент,
Академик Академии проблем качества РФ,
Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
«Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин» Московского автомобильно-
дорожного государственного технического университета (МАДИ)
В.А. Зорин*

Полное название организации –
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет» (МАДИ)
Почтовый адрес: 125319, Москва, Ленинградский проспект, д. 64
Контактные телефоны: 8-916-63-82-144;
e-mail: madi-dm@list.ru

Уважаемые коллеги, в ваших руках находится первое издание из новой серии книг, посвященных актуальнейшим социально-правовым вопросам по теме экспертиз состояний транспортных средств.

Ее авторы подготовили читателям серьезную базу знаний, без которых невозможны качественные проведения исследований технических состояний современных транспортных средств. Книга посвящена исследованиям состояния не только технической составляющей транспортных средств, но и лакокрасочных материалов и покрытий, а также их функционалу.

Мы в ACADEMY BUSINESS CAR обучаем людей процессам восстановительного и текущего ремонтов современных автомобилей. Профессия требует от нас глубокого погружения в техническую составляющую этих сложных и часто высокотехнологичных конструкций. Имея за плечами реальный многолетний опыт и знания в области ремонта современных автомобилей, мы с уверенностью рекомендуем эту книгу национальному профессиональному сообществу. Книга насыщена наглядными примерами дефектов транспортных средств, возникающих в основных узлах и агрегатах современного автомобиля и его лакокрасочного покрытия. Широко и подробно освещены процедуры проведения исследований и используемые в них приборы и инструменты, собраны справки по профильным государственным и международным стандартам, рассмотрены примеры из правоприменительной практики. Особо хочется отметить наличие в книге блоков, посвященных причинно-следственным связям технологических (в том числе и физико-химических) цепочек, влияющих на качество конечного результата. Информация в книге хорошо структурирована и преподносится на очень профессиональном, но тем не менее доступном языке, что делает ее понятной для весьма широкого круга читателей.

Безусловно, книга будет полезна не только профессиональным экспертам в области исследований состояния транспортных средств, но и производителям автомобилей и запасных частей. Очень много информации из нее почерпнут и сотрудники компаний, занимающихся ремонтом и обслуживанием транспортных средств: технологи, мастера цехов и другие специалисты, в сферу обязанностей которых входит функция контроля качества выполненных работ.

Полезного вам чтения!

С уважением,
команда **ACADEMY BUSINESS CAR**
Руководитель **Сергей Кожухов**



ACADEMY BUSINESS CAR
 HUMAN RESOURCE DEVELOPMENT COMPANY

WWW.ACADEMY-BC.RU

УДК 629.331.1
ББК 39.33-08
Э 68

Дроздовский В. Б., Лосавио С. К., Хрулев А. Э.
Э68 Экспертиза технического состояния и причины неисправностей автомобильной техники. – М.: Издательство АБС, 2019. – 966 с. – ISBN 978-5-00155-048-3.

Подробно рассмотрены причины производственных дефектов и эксплуатационных повреждений основных узлов и агрегатов автомобильной техники применительно к задачам судебной экспертизы. Дан общий подход к исследованию технического состояния основных агрегатов и систем автомобилей, представлены методики экспертного исследования и практического определения причин неисправностей двигателей, автоматических трансмиссий, тормозного управления, рулевого управления, а также лакокрасочного покрытия современных автомобилей. Приводится обширный справочный материал и результаты реальных исследований причин неисправностей автомобильной техники.

Для судебных экспертов, руководителей и работников автоцентров по обслуживанию и ремонту автомобилей, транспортных предприятий, юристов, инженеров, а также студентов учреждений высшего образования, обучающихся по техническим специальностям.

УДК 629.331.1
ББК 39.33-08

*Выпуск издания осуществлен при поддержке
Ассоциации РОАД (Российские автомобильные дилеры),
Общества с ограниченной ответственностью «Райнметалл»,
Общества с ограниченной ответственностью «ЮБК»
и ACADEMY BUSINESS CAR*

*Воспроизведение, распространение и доведение до всеобщего сведения
данного произведения (полностью или частично) любым способом,
в том числе путем перевода в электронные файлы и открытия доступа
к таким файлам через телекоммуникационные сети и каналы связи, без договора
с правообладателем запрещается и преследуется в соответствии с 4-й частью
Гражданского кодекса РФ и Законом №149-ФЗ «Об информации, информационных
технологиях и о защите информации» с учетом изменений, внесенных в него
Законом № 364-ФЗ.*

ISBN 978-5-00155-048-3

© Дроздовский В.Б., 2019
© Лосавио С.К., 2019
© Хрулев А.Э., 2019
© Издательство АБС, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	7
-------------------	---

ЧАСТЬ I.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТС 13

1. Необходимость проведения экспертизы технического состояния автотранспортных средств и их составных частей (С.К. Лосавио).....	14
2. Основные понятия в области технического состояния автотранспортных средств (С.К. Лосавио).....	20
2.1. Общие термины и определения	20
Термины и определения в отношении транспортных средств, их составных частей, качества и надежности	21
Термины в области эксплуатации техники, системы технического обслуживания и ремонта техники, в том числе и автомобильной.....	24
Термины и определения, используемые в экспертной деятельности	26
2.2. Классификация видов дефектов, повреждений, неисправностей и механизмы их возникновения	27
Виды дефектов и повреждений	28
Износ.....	28
Разрушение	34
Деформация	41
Коррозионные повреждения (разрушения)	45
Кавитационные повреждения	46
Эрозионные повреждения	47
Задир.....	48
Наслоение инородного материала.....	51
Расплавление материала	52
Выгорание материала (термическая деструкция).....	53
Изменение механических свойств материалов и изделий	54
Изменение электротехнических характеристик	54
Изменение оптических свойств изделий	55
Изменение иных свойств изделий	56
Повреждения покрытий.....	57
Литература.....	58
3. Общие вопросы экспертизы технического состояния транспортных средств (С.К. Лосавио).....	60
3.1. Предмет и объект экспертизы	61
3.2. Основные задачи экспертизы: идентификационные, диагностические (простые и сложные) и классификационные	61
3.3. Судебные и внесудебные экспертизы. Основания проведения и нормативные документы, регламентирующие проведение экспертизы	64
3.4. Виды судебных экспертиз – первичная, дополнительная, повторная, моноэкспертиза, комиссионная и комплексная экспертиза	66
3.5. Требования к эксперту	68
3.6. Права, обязанности и ответственность эксперта при проведении судебной и внесудебной экспертизы	70
3.7. Специалист, его роль, задачи, права, обязанности и ответственность.....	74
3.8. Выбор эксперта, экспертной организации, специалиста	77

3.9. Вопросы, которые ставятся при назначении экспертизы технического состояния транспортных средств. Вопросы, которые не следует ставить перед экспертом. Типичные ошибки при постановке вопросов	78
3.10. Лица, присутствующие при экспертизе.....	83
3.11. Основные стадии экспертного исследования	84
3.12. Идентификация транспортных средств и их частей как объектов экспертного исследования	86
3.13. Структура и содержание заключения эксперта при проведении судебной экспертизы и акта экспертного исследования при внесудебной экспертизе....	89
3.14. Выводы эксперта	91
3.15. Оценка заключения эксперта	92
4. Методы и средства экспертизы технического состояния узлов и систем автомобиля (С.К. Лосавио).....	96

ЧАСТЬ II.

ЭКСПЕРТИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

УЗЛОВ И СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ

5. Исследование технического состояния двигателя (А.Э. Хрулев)	102
5.1. Особенности исследований неисправности двигателя, их отличие от аналогичных исследований других систем транспортных средств.....	103
5.2. Особенности организации и проведения исследования неисправности двигателя	104
5.2.1. Общий порядок исследования технического состояния двигателя.....	105
5.2.2. Диагностика неисправности двигателя по внешним признакам	116
5.2.3. Инструментальная диагностика как этап локализации причины неисправности	166
5.2.4. Определение причин неисправностей путем разборки двигателя как заключительная стадия поиска	256
5.2.5. Исследование истории транспортного средства как ключевого фактора для установления причины неисправности двигателя	319
5.3. Основные виды неисправностей двигателей и особенности их исследования	324
5.3.1. Особенности терминологии и ее влияние на исследование причин неисправностей двигателей	328
5.3.2. Влияние текущего состояния транспортного средства на источники неисправностей двигателя	333
5.3.3. Конструктивные и производственные дефекты двигателей	340
5.3.4. Дефекты вторичного (ремонтного) производства	362
5.3.5. Эксплуатационные повреждения и неисправности	402
5.3.6. Неисправности, возникающие в результате внесенных изменений в конструкцию двигателя.....	565
5.3.7. Особенности оценки стоимости ремонтных работ по устранению неисправности двигателя	580
5.4. Особенности определения причины неисправности двигателя по характеру повреждения, в том числе отдельных деталей.....	590
5.4.1. Специализированные справочники повреждений деталей и типичные ошибки при их использовании	590
5.4.2. Методология определения причин неисправности ДВС по характеру повреждений	596
5.5. Некоторые особенности подготовки заключения о причине неисправности двигателя	606
Литература.....	611
6. Автоматическая коробка передач (В.Б. Дроздовский)	620
6.1. Введение	620
6.2. Функции автоматической коробки передач.....	621

6.3. Запрещение эксплуатации автотранспортных средств.....	622
6.4. Признаки состояния автоматической коробки передач	623
6.5. Типы автоматических коробок передач	626
6.6. Начало исследования АКП.....	630
6.7. Общая диагностика транспортного средства.....	633
6.8. Углубленная диагностика транспортного средства	635
6.9. Дорожные испытания транспортного средства.....	640
6.9.1. Оценка качества переключения передач	641
6.9.2. Оценка шума при работе автомобиля	643
6.9.3. Оценка функционирования АКП	644
6.10. Поэлементная диагностика АКП.....	646
6.10.1. Узел соединения АКП с двигателем	646
6.10.2. Рабочая жидкость АКП.....	652
6.10.3. Гидродинамический трансформатор АКП	658
6.10.4. Насос АКП и его система питания	669
6.10.5. Система охлаждения и смазки АКП	680
6.10.6. Гидравлическая панель управления АКП.....	686
6.10.7. Подшипниковые узлы АКП	698
6.10.8. Механический редуктор АКП	704
6.10.9. Элементы гидравлических уплотнений АКП	720
6.10.10. Исполнительные механизмы АКП	727
6.10.11. Механизм блокировки АКП.....	752
6.10.12. Механизм управления АКП	753
6.10.13. Компьютерная система управления АКП	754
6.11. Нештатная эксплуатация АКП	757
6.12. Тяжелая эксплуатация автомобиля	759
6.13. Существенность неисправности АКП и оценка ее восстановления	762
6.14. Типичные ошибки экспертизы АКП.....	762
6.15. Общий порядок исследования АКП.....	765
6.16. Заключение	766
Литература.....	766
7. Экспертиза рулевого управления автомобиля (С.К. Лосавио)	770
7.1. Требования, предъявляемые к рулевому управлению автомобиля.....	770
7.2. Суть претензий в отношении неисправности рулевого управления автомобиля и вопросы, которые ставятся перед экспертом	772
7.3. Методика исследования технического состояния рулевого управления	772
Наружный осмотр автомобиля, осмотр обитаемого помещения и моторного отсека автомобиля	773
Проверка технического состояния рулевого управления с помощью встроенной системы диагностирования	774
Проверка рулевого управления с электроусилителем с помощью специального диагностического оборудования	774
Исследование автомобиля на соответствие требованиям нормативных документов.....	775
Исследование рулевого управления автомобиля при испытаниях в дорожных условиях.....	780
Акустическое диагностирование рулевого управления	781
Оценка влияния рулевого управления на обеспечение прямолинейной траектории движения автомобиля, смещение рулевого колеса от нейтрального положения при движении по прямой.....	781
Литература.....	783

8. Экспертиза технического состояния тормозного управления автомобиля (С.К. Лосавио)	784
8.1. Тормозное управление и тормозные системы транспортного средства	784
8.2. Общие требования, предъявляемые к тормозным системам автомобилей	785
8.3. Основные претензии к техническому состоянию тормозных систем и вопросы, которые ставятся перед экспертом	787
8.4. Исследование технического состояния рабочей тормозной системы автомобиля	787
8.5. Исследование технического состояния стояночной тормозной системы автомобиля	790
8.6. Исследование составных частей тормозных систем	791
Исследование гидравлического тормозного привода	791
Исследование органа управления рабочей тормозной системы	792
Исследование работоспособности вакуумного усилителя	793
Исследование тормозных механизмов	793
Исследование привода стояночной тормозной системы	795
Исследование работоспособности световых индикаторов и сигналов торможения	795
Исследование звуков, возникающих при работе тормозного управления	796
Литература	797
9. Экспертиза качества лакокрасочного покрытия (С.К. Лосавио)	798
9.1. Термины и определения	798
9.2. Свойства лакокрасочных покрытий, виды дефектов и повреждений	801
9.3. Основные претензии в отношении лакокрасочного покрытия кузова автомобиля и вопросы, решаемые при диагностическом исследовании лакокрасочного покрытия	830
9.4. Требования к лакокрасочному покрытию кузовов и кабин автотранспортных средств и других их частей	833
9.5. Лакокрасочное покрытие кузовов и других элементов транспортных средств. Нанесение и формирование покрытия	836
9.6. Исследование структуры лакокрасочного покрытия	842
9.7. Исследование локализации повреждений лакокрасочного покрытия	848
9.8. Определение толщины лакокрасочного покрытия	851
9.9. Определение твердости лакокрасочного покрытия	857
9.10. Исследование адгезии лакокрасочного покрытия	861
9.11. Определение типа и исследование цвета лакокрасочного покрытия	873
9.12. Оценка блеска лакокрасочного покрытия	881
9.13. Определение меления лакокрасочного покрытия	882
Литература	883
ПРИЛОЖЕНИЯ.	
Примеры заключений эксперта	885
Приложение 1. Заключение эксперта о дефекте вторичного (ремонтного) производства двигателя	886
Приложение 2. Пример экспертизы АКП	930
Приложение 3. Пример экспертизы лакокрасочного покрытия	940

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вопросы повышения надежности остаются актуальными на автомобильном транспорте с момента его появления и уже на протяжении доброй сотни лет. Однако особое значение они начали приобретать в связи с развитием и постепенным совершенствованием автомобилей, улучшением их эксплуатационных и экологических характеристик. Этот процесс сопровождался не только усложнением конструкций и технологий производства, но и все более широким внедрением электронного управления практически во все системы и агрегаты, а вместе с ним – появлением и всемерным распространением электронной диагностики как одного из наиболее важных средств выявления неисправностей в эксплуатации.

Тем не менее, несмотря на чрезвычайно значительные возможности электронной диагностики, определение причин неисправностей систем, узлов и агрегатов транспортных средств, если они по каким-либо причинам вышли из строя раньше положенного срока, продолжает оставаться серьезной проблемой. С одной стороны, некоторые виды неисправностей агрегатов, например, двигателей и автоматических коробок передач, продолжают оставаться своего рода загадкой для электронной диагностики, которая точно так же, как и десятилетия назад, по-прежнему не может их распознать. С другой стороны, ряд элементов и узлов автомобиля не являются электронно управляемыми, вследствие чего повреждения не могут быть выявлены электронными диагностическими средствами. Но в них, вследствие технологической сложности и условий эксплуатации, также возможны дефекты и повреждения – например, в таких узлах и элементах, как кузов автомобиля, его лакокрасочное покрытие, и многих других.

Понятно, что указанные особенности диагностирования неисправностей в последующей эксплуатации нередко вызывают претензии владельцев, если диагностические средства не позволяют точно выявить ту или иную неисправность. В таких условиях возрастает роль исследователя-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 обслужи-

вания, правил технической эксплуатации, видов дефектов и неисправностей, причин и механизмов возникновения неисправностей, современных методов исследования. При проведении судебной экспертизы помимо технической подготовки от эксперта требуется знание и строгое соблюдение норм законов, регулирующих судебную экспертную деятельность.

Однако, как показывает практика, далеко не всегда эксперту, проводящему исследования причин неисправностей автомобильной техники, удается применить все знания, умения и выполнить все требования. Нередко «за кадром» исследования могут остаться многие важные технические вопросы, источники информации, документы, что приводит к многочисленным ошибкам. В результате причина неисправности часто определяется неправильно, что запускает новый круг проблем, уже юридических, обусловленных неверно установленной ответственностью того или иного лица за выявленную неисправность.

Но это не единственная причина, по которой возникают подобные ошибки. Действительно, стремительный рост парка национального авторынка за последние 15–20 лет вызвал повышение запроса на автотехнические экспертизы, однако количество экспертов и их компетенции, как оказалось, серьезно отстают от потребностей рынка. Понять причины такой проблемы нетрудно: если за поступающими на рынок автомобилями и их локальным производством стоят концерны с огромным опытом и профессиональными знаниями, то серьезным обучением национальных экспертов по проведению экспертиз долгое время практически никто не занимался.

Тем не менее ситуация с годами постепенно меняется. Появились центры обучения, а вместе с ними и признаки роста профессионального уровня таких специалистов. И это, безусловно, радует. Но вместе с тем на рынке стали появляться и другие «специалисты», готовые за какой-нибудь «интерес» организовать такую автотехническую экспертизу, которая обязательно устроит «заказчика». И численность их растет. Уровень знаний и опыт таких «специалистов» также растет, но только не в сторону глубокого и объективного поиска истины, а в направлении «подгонки» результатов исследования под запрос «заказчика». А такие заказы можно реализовать лишь при условии практического отсутствия у одной из сторон глубоких знаний вопроса. Поэтому авторы

считают книгу еще и личным социальным ответом на вызов таких «специалистов».

Данная книга представляет собой первую попытку объединить в одном месте наиболее полную информацию по вопросам дефектов и неисправностей основных узлов и агрегатов автомобиля, методам и методикам проведения экспертных исследований.

Авторы выражают надежду на то, что книга, созданная на основе многолетнего практического опыта, поможет коллегам в их сложной, ответственной и интересной работе. Она безусловно, будет полезна не только техническим специалистам, но и юристам (судьям, представителям спорящих сторон), которые решают вопросы назначения экспертизы или ходатайствуют о ее назначении, формулируют вопросы, которые ставятся перед экспертами, предлагают и определяют: кому может быть поручено проведение той или иной экспертизы, а затем изучают и оценивают результат.

Заключение эксперта в гражданском или арбитражном процессе всегда не нравится какой-либо из спорящих сторон. И это положение исправить нельзя. Возможно, данная книга позволит более объективно подойти к оценке заключения эксперта, выявить допущенные им ошибки, более конкретно сформулировать причины несогласия с результатами экспертного исследования и сделанными выводами. Таким образом, книга

может быть не только полезна экспертам, но и в определенной степени направлена «против» них. Однако критический и обоснованный подход, проявленный при изучении и оценке заключения эксперта, в дальнейшем поможет в первую очередь самим экспертам объективно проанализировать и избавиться от допущенных ошибок.

При написании книги использовался практический опыт эксплуатации, ремонта и технической экспертизы двигателей и автоматических коробок передач, накопленный, соответственно, в Специализированном моторном центре «АБ-Инжиниринг» и в компании «Автоматик Трансмисшн Групп», а также многолетний опыт экспертных исследований, выполненных к.т.н., доцентом МАДИ, С. К. Лосавио.

Разделы 1–4, 7–9 написаны к.т.н., доцентом С.К. Лосавио, раздел 5 – к.т.н. А.Э. Хрулевым, раздел 6 – инж. В.Б. Дроздовским. Помощь в редактировании некоторых материалов раздела оказали инж. С. П. Газетин и к.т.н. Ю. И. Буцкий. Особую благодарность авторы выражают В. Н. Смольникову, предпринимателю и издателю, без терпения и усилий которого издание данной книги было бы вряд ли возможно.

Авторы будут благодарны читателям за пожелания и критические замечания, которые можно направлять в издательство по адресу: почтовый индекс, г. Москва, ул. Самокатная, д. 2А, стр. 1, офис 313.

ЧАСТЬ II

Экспертиза технического состояния узлов и систем автомобиля

5. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ



Двигатель автомобиля является одним из наиболее сложных агрегатов, который требует при эксплуатации бережного обращения, а при обслуживании и ремонте – высокой квалификации работников ремонтных предприятий. Именно двигатель получается своеобразным «камнем преткновения» для многих владельцев автомобилей и многих сервисных предприятий, включая даже сравнительно крупные технические центры по обслуживанию и ремонту автомобилей. Поэтому неудивительно, что при последующем проведении технической экспертизы неисправностей непреодолимые трудности в определении их причин нередко возникают и у целой армии экспертов-исследователей, оказывающих соответствующие услуги.

Итогом указанных сложностей в эксплуатации и ремонте постепенно становятся распространяемые в последние годы на практике нерациональные способы ремонта ДВС, преимущественно путем тотальной замены двигателя в сборе – независимо от степени повреждения основных деталей. Экспертная практика, при этом свидетельствует о большом количестве экспертиз с необоснованными выводами о «мифических» причинах неисправностей, не соответствующих имеющимся признакам, что значительно затрудняет разрешение любого спора, связанного с неисправностью двигателя.

Причин, по которым эксплуатация, обслуживание и ремонт двигателей, а затем и экспертные исследования причин неисправности превращаются иной раз в серьезную проблему, много.

Так, практика показывает, что фактор «новизны» автомобиля и его малый пробег не могут быть гарантией владельцу от той или иной неисправности двигателя. Срок службы автомобильного двигателя на конкретном автомобиле может оказаться существенно, во много раз, сниженным от общепринятого и/или от заданного гарантией производителя уровня – тяжелые дорожные ус-

ловия, грязное топливо, не всегда качественное масло и не везде грамотное обслуживание постепенно (а иногда и быстро) делают свое «черное» дело. В результате нередко случаи досрочного выхода двигателя из строя по самым различным причинам – даже у новых автомобилей с очень малым пробегом.

Но на этом проблемы не заканчиваются. Если что-то произошло с двигателем, новым или старым, появляются новые проблемы, связанные как с определением причины, так и с устранением возникшей неисправности. Нередко специалисты сервисных центров не могут грамотно проанализировать признаки неисправности, найти ее причины и правильно выбрать способ (технология) 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.

В результате неисправности повторяются, и достаточно быстро. Но в отличие, например, от многих других агрегатов и систем автомобиля, ошибки, допущенные при обслуживании или ремонте двигателя по небрежности, а чаще всего – из-за отсутствия элементарных знаний и навыков, приводят в лучшем случае к выходу его из строя через несколько тысяч или даже сотен километров, а в худшем – к его дальнейшей неремонтопригодности.

Но собственно обслуживанием или ремонтом проблемы, появившиеся в двигателе, могут и не закончиться, если неисправный двигатель станет предметом спора – между владельцем автомобиля и сервисной организацией, выполнившей ремонт, или дилером, продавшим автомобиль. К подобному спору обычно привлекается эксперт-исследователь, который должен досконально и объективно разобраться в причинах неисправности. Однако

практика показывает, что при проведении технической экспертизы существуют те же проблемы, что и в ремонте двигателей, – качественно выполнить исследование процессов в двигателях многие эксперты затрудняются, поскольку их опыта и знаний о двигателях явно недостаточно. В результате в заключениях экспертиз часто указываются причины неисправности, весьма далекие от реальных.

Общим для всех описанных проблем является то, что многие специалисты, которые по характеру своей работы обязаны досконально знать двигатель и точно устанавливать причины его неисправностей, на самом деле не могут это выполнить правильно. А тогда им не удастся сделать правильные выводы, чтобы можно было на их основе не только установить истинного виновника поломки, но и не повторить ранее сделанных ошибок.

Следует также отметить, что несмотря на многочисленные публикации в последние годы новых книг и статей, подробно описывающих современные технологии ремонта двигателей и их неисправности, во многих ремонтных организациях по-прежнему царит весьма вольное отношение к двигателю, не слишком помогающее в достижении действительно профессионального уровня обслуживания и ремонта. У исследователей, привлекаемых к определению причин неисправностей, также нет должного понимания рабочих процессов, особенностей устройства и технологий ремонта, в результате чего многие заключения технической экспертизы так же далеки от реальной картины неисправности, как и качество ремонта двигателей на многих СТО – от требований практики.

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. Другими словами, теоретическое описание процессов в экспертных заключениях нередко или не соответствует имеющимся признакам в конкретном случае или даже вообще касается «мифических» процессов, не существующих на практике. В то же время ремонтники далеко не всегда могут правильно установить причины поломки, если у них нет соответствующего опыта и они не видели признаков конкретной поломки ранее.

Причина такого разрыва между «теорией» и практикой во многом определяется тем, что ремонтники, как правило, не имеют базовой научно-технической подготовки, а подавляющее большинство исследователей не обладает практическими навыками ремонта двигателей. Тогда попытки установить причину неисправности только на базе чистой практики или только на базе голой теории могут не привести (чаще всего и не приводят) к получению достоверных результатов, и причина неисправности так и остается не выясненной.

Ниже впервые сделана попытка соединить опыт ремонта с опытом исследования причин неисправностей ДВС со всех сторон – и теоретически, и практически. При этом основное внимание уделено анализу признаков неисправностей на их одновременное соответствие как практике эксплуатации и ремонта, так и теории рабочих процессов ДВС.

5.1 Особенности исследований неисправности двигателя, их отличие от аналогичных исследований других систем транспортных средств

Особенности и отличия экспертных исследований двигателя от аналогичных исследований причин неисправностей других узлов и агрегатов автомобиля обусловлены целым рядом типичных «двигательных» проблем, среди которых одной из главных является тесная взаимосвязь процессов, происходящих в двигателе, их взаимное влияние друг на друга и на сопряженные детали. В результате основной особенностью исследования технического состояния двигателя, которая и обуславливает большую сложность этой работы, является множественность возможных причин повреждений и поломок деталей при сходности признаков повреждения, а также их взаимное влияние друг на друга.

Например, причиной поломки поршня могут быть повреждения самого поршня, в том числе при сборке, перегрев двигателя, нарушение смазки, некачественное топливо, превышение эксплуатационных режимов и т.д. – в общем случае несколько десятков причин! И так по многим другим деталям.

Такая множественность возможных причин при сходности признаков их проявления требует от исследователя не только аккуратности и скрупулезности исследования, когда необходимо выполнить большой объем исследований и анализ по каждой из возможных причин, но и серьезной теоретической и практической подготовки. Например, исследователю нужно вначале правильно

определить круг причин, которые могут вызвать имеющиеся на деталях признаки повреждения, и для этого надо иметь как минимум значительный практический опыт – в противном случае из внимания не подготовленного должным образом исследователя могут быть исключены, случайно или намеренно, причины, имеющие непосредственную связь с неисправностью, что приведет к очевидной неполноте и/или ошибочности выводов заключения.

Но даже если список всех возможных причин неисправности определен правильно, это еще не гарантирует, что исследователь сможет определить действительную причину. Если возможных причин, по которым повреждены отдельные детали, много, то надо выполнить анализ всех выделенных причин на соответствие их имеющимся признакам. А поскольку повреждения сопряженных деталей нередко имеют причинно-следственную связь, от исследователя требуется также совершенное владение логикой – для установления такой связи и точного определения цепочки событий, которые привели к поломке, с совокупностью имеющихся признаков. Именно логика нередко позволяет окончательно установить, поломка какой детали была первична, а какой – оказалась только следствием.

В связи с этим исследователю приходится искать характерные признаки неисправности на деталях – путем осмотра поверхностей, опреде-

ления общего характера повреждения, измерения размеров, детализации микроструктуры излома, химического анализа материалов и рабочих жидкостей, различных следов на деталях (пыль, высохшие капли жидкости, масло и т.д.).

Помимо этого, решающее значение в правильном установлении причины неисправности двигателя могут дать данные из памяти системы управления двигателем – различные события, коды ошибок, характер изменения параметров. А поскольку все события, зафиксированные в памяти системы управления в виде числовых данных, не могут быть оторваны от реальной эксплуатации автомобиля, для исследователя возникает еще одна задача – составления истории автомобиля для последующей привязки и сопоставления реальных событий этой истории с изменениями характерных параметров двигателя, записанных в памяти системы управления. На практике эта задача может быть не менее сложна, чем непосредственное исследование поврежденных деталей.

Выполнение всего указанного выше объема работ требует серьезной подготовки и значительного опыта исследователя, в противном случае, пропуская шаги и целые этапы, в том числе с целью упрощения и удешевления собственной работы, установить действительную причину неисправности двигателя становится практически невозможно. Что, к сожалению, чаще всего и происходит на практике.

5.2 Особенности организации и проведения исследования неисправности двигателя

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.

Типичным примером нарушения порядка выполнения экспертных работ является необоснованная разборка двигателя. В большинстве случаев такая разборка всегда содержит признаки поспешности и необдуманности, нередко выполняется без сохранения данных диагностики (нередко даже без самой диагностики), без фиксации уровня рабочих жидкостей, характерных следов на наружных поверхностях и многих других данных, что может говорить только о чрезвычайно низкой квалификации исследователя.

Очевидно, не сохранив и не зафиксировав важные данные, исследователь оказывается в ситуа-

ции, когда двигатель полностью разобран, а реальную причину выявить не удастся вследствие нехватки данных. Причем получить эти данные уже невозможно. В таком случае дальнейшие исследования могут закончиться или известной формулировкой о причине, установить которую «не представляется возможным», или же, чаще всего, «полетом фантазии» исследователя, когда причина может быть выбрана практически любой из общего списка возможных причин, даже без необходимого обоснования.

Именно поэтому, чем менее очевидна причина неисправности, тем большее значение имеет порядок действий. И если «простые» неисправности позволяют исследователю некоторые «вольности», то сложные случаи требуют строгого подхода. А что это за порядок? Подробные данные, позволяющие исследователю составить такой порядок действий, приведены ниже.

5.2.1 Общий порядок исследования технического состояния двигателя

Практика показывает, что работа по исследованию неисправного двигателя не может проводиться произвольно без четкого планирования и соблюдения некоторых правил. В результате исследование двигателя требует определенного порядка выполнения работ в такой же строгой последовательности. Фактически речь идет о методике исследования технического состояния двигателя, которая регламентирует порядок производства всех операций. Рассмотрим эту методику по пунктам.

5.2.1.1 Получение предварительных сведений о двигателе и их анализ, подготовка к исследованию

Исследователь анализирует следующие предварительные данные:

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

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

Наиболее важно, прежде всего, проанализировать признаки неисправности с целью определить, имеет ли исследователь необходимый опыт и квалификацию для исследования подобных неисправностей, или лучше от такой работы отказаться еще на самом раннем ее этапе, если исследователь необходимым опытом и квалификацией не обладает. Например, если запрос касается исследования лакокрасочного покрытия, а исследователь специализируется на неисправностях двигателей и агрегатов, то от проведения исследований следует отказаться еще на самом начальном этапе. И наоборот.

Далее следует более внимательно проанализировать имеющиеся признаки неисправности с целью дальнейшего проведения осмотра автомобиля и исследования неисправного двигателя. Как показывает практика, опытному исследователю многое может быть понятно только по описанию состояния двигателя (работает, не работает, заклинен и т.д.) и видимых повреждений.

Так, в некоторых случаях при тяжелых повреждениях (пробой блока цилиндров, заклинивание коленчатого вала) заранее понятно, что для определения причины необходима полная разборка двигателя, в других – решение о разборке двигателя, полной или частичной, должно приниматься после уточнения его состояния при осмотре, а иногда разборка и не предполагается изначально. При этом от типа и модели транспортного средства зависит трудоемкость и время выполнения этих работ, а также необходимое для них оборудование и персонал.

По результатам такого предварительного анализа исследователь может решить, какое оборудование и инструмент ему следует подготовить для проведения исследования самостоятельно, а какое оборудование он сможет получить на месте, например, у сервисной организации, где будет проводиться осмотр автомобиля.

Если необходимого инструмента (прибора, оборудования) у исследователя нет, а сервисная организация его не предоставляет, то исследователь может применить один из трех вариантов действий:

- 1) выбрать другую организацию для проведения осмотра. Нередко подобная ситуация и ее решение касается диагностических средств (например, официальный дилер обладает дилерской документацией и диагностической программой, а независимый сервис может этого не иметь);
- 2) самостоятельно найти, приобрести и применить необходимый инструмент. Это характерно в случае применения некоторых измерительных приборов и инструментов для измерения размеров деталей, эндоскопа и некоторых других средств;
- 3) изъять какие-либо детали для организации специального (дополнительного) исследования, в том числе в собственной лаборатории с помощью стационарных приборов (микроскоп, твердомер и т.д.) или вообще в другой организации. Данный вариант возможен при необходимости исследования свойств материалов, химического анализа, металлографических исследований и т.д. Однако следует помнить, что в случае судебной экспертизы проведение исследований в сторонних организациях возможно только с разрешения суда.

Нередко заказчик еще до проведения осмотра автомобиля может прислать (передать) исследователю документы о прохождении ТО и ремонтов, которые также могут иметь важное значение при выборе средств диагностики и самой процедуры исследования.

Вообще изучение документов об истории автомобиля, предшествующей появлению неисправности, 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, и т.д. Однако, как уже показано выше, изучение документов об истории является своего рода камнем преткновения очень многих «грамотных» исследователей – большинство из них предпочитает пропустить данный этап вовсе и исследовать только то, что видно на момент окончания эксплуатации и предоставления автомобиля на экспертное исследование. В результате отсутствие или игнорирование данных истории в подавляющем большинстве случаев лишает исследователя

необходимой информации о начальном периоде появления и развития неисправности, что в дальнейшем приводит к ошибкам в определении причины неисправности.

Чрезвычайно 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 и других средств.

Так, в общем случае эксперту-исследователю причин неисправности двигателя могут быть заданы как минимум четыре основных (типовых) вопроса.

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, в том числе установки противоугонной сигнализации, тюнинга и т.д., либо результатом эксплуатации автомобиля?
4. Могли ли действия владельца и/или лица, управлявшего автомобилем, привести к таким неисправностям?

По важности этих вопросов их можно назвать обязательными, в том смысле, что это минимальный перечень вопросов, на которые исследователь должен будет ответить в любом случае. Однако, помимо указанных, исследователю могут быть поставлены и различные уточняющие вопросы.

Следует отметить, что даже на предварительном этапе у исследователя причин неисправностей двигателя может возникнуть необходимость уточнения у заказчика отдельных вопросов, их формулировки и т.д. Были случаи, когда исследователю задавались вопросы, на которые заведомо невозможно ответить. Или наоборот, важные вопросы (в том числе из вышеприведенного обязательного списка) не задавались.

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. Понятно, что вопросы требуют подробного рассмотрения, но поскольку их особенности наиболее важны при подготовке заключения о причине неисправности двигателя, возможные проблемы, которые могут возникнуть в связи с этим у исследователя, будут рассмотрены в конце главы. На данном же этапе, после изучения заданных вопросов, у исследователя должно сложиться общее понимание, каким путем он будет выполнять

исследование причины неисправности, и что для этого нужно.

Подготовка к исследованию, таким образом, имеет очень важную роль, и если исследователь заранее представляет, чего ему следует ждать при осмотре автомобиля, то он может быть полностью подготовлен к выполнению всех необходимых работ, а не ходить с одним «голым» фотоаппаратом, как это чаще всего случается на практике.

5.2.1.2 Идентификация двигателя и его деталей как объекта экспертизы

Прежде чем начинать исследование автомобиля и двигателя, необходимо выяснить, что за автомобиль и двигатель исследуется. С этой целью исследователь должен найти и иметь для анализа:

- 1) необходимые для этого маркировочные таблички на кузове автомобиля;
- 2) копии регистрационных документов на автомобиль, прежде всего паспорт транспортного средства.

В этом случае исследователь может сравнить соответствующие идентификационные номера с данными документов, которые он получил от заказчика. Обычно такая работа не вызывает трудностей, поскольку маркировочные таблички находятся в известных (традиционно расположенных) местах автомобиля. При этом исследователь также фиксирует целостность и комплектность автомобиля, в том числе двигателя.

Однако в случае если какие-либо детали и узлы автомобиля или двигателя были демонтированы ранее, нередко возникают трудности, и у исследователя действительно появляется очень сложная задача – убедиться, что снятые детали в самом деле принадлежат исследуемому автомобилю.

Сложность ее решения связана, в первую очередь, с тем, что при демонтаже все снятые детали почему-то не принято соответствующим образом маркировать и уж тем более как-то хранить. В результате детали могут храниться или в неопечатанном автомобиле, или на стеллаже в помещении сервиса, где к ним имеется свободный доступ посторонних. В таких случаях возникает необходимость исследовать и идентифицировать снятые детали с целью установления их принадлежности.

При исследовании двигателей данная проблема приобретает особую сложность, поскольку подавляющее большинство деталей после демонтажа не имеют никаких признаков принадлежности. Все это приводит к тому, что исследователь должен установить, какие из предоставленных на исследование деталей и узлов имеют признаки принадлежности к исследуемому автомобилю, и, соответственно, являются объектами исследования, а какие нет.

Очевидно, идентификация и определение принадлежности деталей, в том числе по соответствию микроследов на них, явно выходит за рамки данного вида автотехнических исследований.

А поскольку выяснить это для многих демонтированных деталей невозможно, профессиональный подход к исследованию предполагает, что детали, которые не имеют никаких признаков принадлежности к исследуемому автомобилю и не хранились должным образом, целесообразно вообще исключить из списка объектов исследования.

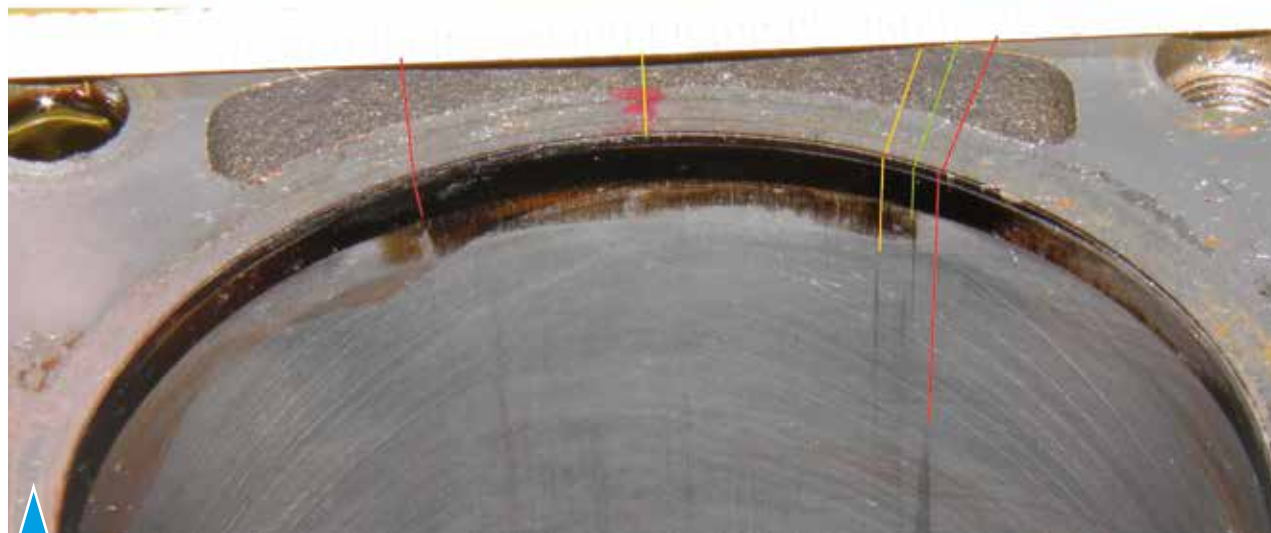
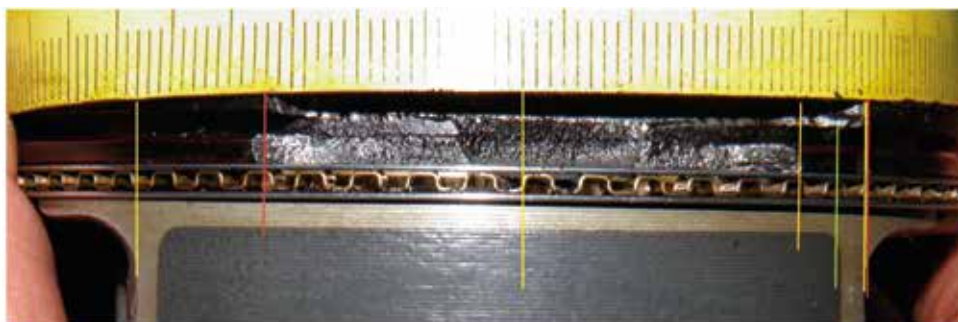
При исследовании неисправного двигателя автомобиля Chevrolet Kaptiva в рамках судебной экспертизы выяснилось, что головка блока и поврежденная шатунно-поршневая группа демонтированы и сложены в багажник автомобиля, все двери которого не опечатаны, а автомобиль находится на стоянке СТО. Владелец автомобиля, вероятно, после того как увидел это, утверждал, что все эти детали не от его автомобиля. Однако устранение деталей из объектов исследования исключало не только причину неисправности, но и саму неисправность, поскольку в двигателе не оказывалось неисправных деталей.

В связи с этим по требованию суда исследователем была предпринята попытка идентификации деталей по характерным следам. Для этого поршни и цилиндры блока фотографировались с разных сторон, после чего были сделаны развертки их поверхностей. В результате длительного и кропотливого исследования удалось установить, что два поршня из четырех совершенно

точно принадлежат исследуемому двигателю, еще один поршень, скорее всего, также принадлежит этому двигателю, в то время как принадлежность четвертого поршня установить так и не удалось.

Данный пример иллюстрирует не только типичную ситуацию на СТО, включая многие дилерские, когда спорный неисправный двигатель по совершенно неведомым причинам и неясно с какой целью разбирается (что там хотят увидеть, непонятно), после чего все детали навалом бросаются без принятия самых элементарных мер по их сохранности. Хуже, что тем самым исследователь вынужден либо исключать эти детали из объектов исследования, либо ходатайствовать о направлении их на специальную экспертизу (фактически речь идет о криминалистической экспертизе), либо, при наличии соответствующей квалификации (например, по специальности «Трассология»), тратить время и проводить дорогостоящие исследования. И все это только по причине того, что детали по невнятной причине были демонтированы и брошены как попало.

Те же самые проблемы могут касаться и некоторых документов, предоставляемых исследователю. Например, если ранее при проведении диагностики персоналом не были заполнены данные автомобиля в диагностической программе, то распечатка результатов диагностики также



5.1. Сопоставление характерных следов на поршне и цилиндре, позволивших идентифицировать принадлежность поршня данному цилиндру (для чего поршень на фото отображен зеркально).

окажется без каких-либо признаков принадлежности исследуемому автомобилю, как и отдельная демонтированная деталь. Такие документы, возможно, также не могут считаться объектами исследования, если нет никаких признаков, которые могли бы указать на такую принадлежность. Или наоборот, каких-то важных документов вообще нет. Удивительно, но были случаи, когда суд, рассматривая претензию владельца, не запрашивал у него регистрационных документов, после чего назначал экспертизу фактически неизвестно кому принадлежащего автомобиля.

При длительном хранении двигателя, особенно разобранного, неизбежна и коррозия его деталей, которая может уничтожить характерные следы (признаки) и сделать затруднительным точное установление причины повреждений. Наиболее сильной коррозии при длительном хранении подвергаются цилиндры блока, если головка блока и поддон сняты с двигателя, и несмотря на это, даже минимальные меры по защите поверхностей от воздействия окружающей среды применяются на практике крайне редко. Обеспечить сохранность и защиту от коррозии снятых деталей двигателя в багажном отделении автомобиля практически невозможно, если автомобиль хранится на открытой стоянке в межсезонье. И в то же время эксперт-исследователь, как и ремонтник, должен после демонтажа деталей в процессе исследования принять все меры к их сохранности, что требует обычно раздельного хранения внутренних деталей (в помещении СТО) и навесных узлов (в автомобиле на уличной стоянке).

Наибольшие сложности могут возникнуть в случае, когда двигатель демонтирован, а исследователю не предоставлены документы, откуда можно было бы установить, что данный двигатель принадлежит именно исследуемому автомобилю. В связи с тем что таким документом в настоящее время является только паспорт транспортного средства, его отсутствие фактически исключает ранее демонтированный двигатель из объектов исследования, т.е. не позволяет выполнить само исследование причины неисправности двигателя. Этот пример показывает не только важность документов и материалов для исследования, но и важность аккуратного отношения к объектам при данном виде исследований. Причем со всех сторон – и владельца, и СТО, и исследователя.

5.2.1.3 Отбор проб жидкостей, топлив и масел

Необходимость взятия проб возникает при наличии у исследователя обоснованных версий о том, что именно несоответствие свойств рабочих жидкостей (топлив, масел) могло стать причиной неисправности, или же жидкость может содержать какие-то вещества, которые могли бы быть признаками какой-либо неисправности. Тогда взятые пробы могут быть отправлены в специализирован-

ные химические лаборатории для анализа свойств жидкостей и степени соответствия регламентам (стандартам).

В других случаях, когда пробы и последующее исследование (анализ) рабочих жидкостей выполняется просто так, без необходимого обоснования, отбор проб вполне может считаться признаком непрофессионализма исследователя или желания искусственно увеличить стоимость исследовательских работ путем выполнения дополнительных лишних работ.

При взятии проб следует иметь в виду, что:

- 1) количество жидкостей должно быть около 1 л, что, как правило, достаточно для любых видов исследования;
- 2) для пробы достаточно пластиковой емкости, однако это не годится для бензина – он является растворителем и для него требуется стеклянная емкость;
- 3) пробы обычно берутся в количестве трех, из которых одна идет на исследование, а две других остаются у сторон спора;
- 4) пробы берутся в присутствии некоей комиссии, которая подписывает соответствующий акт отбора пробы, в котором также указывается вид жидкости, дата, данные автомобиля, фамилии и подписи присутствующих лиц;
- 5) эти данные прикрепляются к емкости так, чтобы их можно было прочесть, но не было возможности вскрыть емкость, не повредив упаковку.

При взятии проб жидкостей, топлива и/или моторного масла нередко возникают аналогичные проблемы, как и при исследовании деталей непонятной принадлежности.

Так, типичной ошибкой является оставление автомобиля с нерабочим двигателем и/или разгерметизированными системами, в том числе топливной, на хранении без принятия соответствующих мер, исключая слив или долив топлива в топливный бак, и без своевременного взятия проб топлива из бака. При последующем исследовании причины неисправности может оказаться необходимым исследование свойств топлива, чему могут препятствовать не только несоответствующие условия хранения автомобиля, но и длительный срок такого хранения, когда свойства топлива могут естественным образом измениться, и топливо уже не будет соответствовать тому состоянию и свойствам, которые были на момент появления неисправности.

Дизельный двигатель автомобиля Citroën вышел из строя, был демонтирован, разобран и далее хранился более года внутри неопечатанного автомобиля на открытой стоянке. При исследовании встал вопрос о качестве применяемого топлива и его возможном влиянии на повреждение, на что «грамотный» исследователь, «не моргнув глазом», провел отбор проб и после лабораторного анализа вынес «вердикт» – во

всем виновато чрезмерное содержание воды в топливе.

Совершенно очевидно, что дизельное топливо в открытом топливном баке при длительном хранении в переходный период (например, осень-зима) будет подвергаться резким перепадам температуры, что в условиях повышенной влажности неизбежно приведет к конденсации воды на стенках и поступлению ее в топливо. В такой ситуации анализ топлива на содержание воды нецелесообразен, поскольку результат никак не отражает состояние топлива в эксплуатации автомобиля, в том числе на момент появления признаков неисправности. Помимо этого, открытое хранение автомобиля, допускающее доступ к его топливной системе посторонних лиц, вообще лишает любые исследования топлива какого-либо смысла.

Здесь должно действовать то же самое правило – если автомобиль и/или слитые жидкости хранились в неопечатанном виде, в режиме свободного доступа, в несоответствующих условиях, то отбор проб и дальнейшее исследование данных жидкостей лучше исключить, поскольку установить их принадлежность, а также отсутствие какого-либо воздействия на них в период хранения практически невозможно. При этом исследователь заведомо получит более надежные и обоснованные результаты, если он вообще исключит такие жидкости из объекта исследования, чем в случае использования в работе результатов анализа непонятно откуда взявшихся жидкостей с непонятно как изменившимися за время несоответствующего хранения свойствами.

5.2.1.4 Предварительное исследование двигателя на месте осмотра

Основная задача исследователя при осмотре двигателя – не пропустить важных фактов, особенно тех, которые потом нельзя будет повторить и/или воспроизвести. К таким фактам в первую очередь относятся:

- 1) уровни рабочих жидкостей и масла. После их слива из агрегатов и систем очевидно, что установить уровень (количество) жидкости на момент осмотра будет невозможно;
- 2) следы подтеков рабочих жидкостей на различных поверхностях, в том числе, на кузове автомобиля. Эти следы, если они расположены на внешних поверхностях агрегатов, после демонтажа агрегатов будет выявить затруднительно или даже невозможно;
- 3) следы демонтажа и повторного монтажа узлов и агрегатов, выявить которые после следующего демонтажа также невозможно (будет непонятно, когда образовались, к примеру, следы на гранах болтов – когда-то до или непосредственно в момент демонтажа при осмотре);
- 4) состояние памяти блока управления. После разъединения электронных узлов, датчиков

и кабелей проведение диагностики становится затруднительным или даже невозможным.

Именно эти параметры и данные исследователь должен зафиксировать (записать, сфотографировать), перед тем как начинать какие-либо другие работы, связанные с демонтажом или разъединением узлов и компонентов.

Из указанного списка следует прежде всего отметить уровни охлаждающей жидкости и масла. Так, при немедленной «скоростной» разборке двигателя обычно никто не фиксирует уровень масла, а само масло чаще всего сливается в общую емкость для последующей утилизации. После чего становится невозможно не только точно установить, могло ли падение уровня масла послужить причиной неисправности, но также нельзя проверить свойства самого масла, которые могли измениться вследствие различных эксплуатационных причин.

Если двигатель после снятия и разборки хранится слишком долго и в несоответствующих условиях, то со временем, как показано выше, многие признаки, имеющиеся на деталях, включая подтеки жидкостей, уничтожаются, детали ржавеют, а топливо нередко существенно изменяет свои свойства так, что предсказать, каким оно было на момент возникновения неисправности, уже не представляется возможным.

При таком большом количестве противоречий между действиями по «скоростной» разборке двигателя и по исследованию причин его неисправности обычно возникает вопрос – а надо ли было вообще разбирать двигатель, и не было ли это сделано с целью скрыть, а не выяснить причину неисправности?

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 так называемые «замороженные» данные (Freeze Frame Data) на момент возникновения неисправности (поломки), 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. Однако после стремительной разборки получение данных диагностики может быть затруднено не только вследствие разъединения многих компонентов системы управления от жгутов проводки. Некоторые автомобили бюджетных категорий не имеют энергонезависимой памяти блока управления и могут сохранять данные только до тех пор, пока блок управления получает питание от аккумулятора. Именно так обычно и происходит при демонтаже двигателя из моторного отсека, когда аккумуляторная бата-

рея отсоединяется в целях безопасности. Но даже если батарея не была отключена, автомобиль с нерабочим двигателем может храниться на СТО длительное время, в течение которого аккумулятор может оказаться разряжен, а все данные из памяти блока – стерты естественным образом.

В случае, если данные все-таки оказались сохранены, то совсем не факт, что они помогут установить причину неисправности в механической части – часто повреждения и даже разрушения каких-то деталей идут при полном отсутствии реакции на них датчиков и блока управления, что подтверждается отсутствием каких-либо кодов ошибок по двигателю. Именно в таком случае причину механических повреждений, если эта причина заключена внутри самого двигателя и связана с неисправностью конкретных деталей, можно определить, как правило, только путем полной разборки двигателя и наиболее тщательного изучения деталей на основе глубокого понимания рабочих процессов. Такая работа с механической частью двигателя и его процессами представляет собой довольно серьезную научно-техническую задачу, и правильное ее решение во многом зависит от квалификации исследователя.

Получается, что если двигатель на момент начала исследования уже демонтирован, то исследователь не может выполнить практически ни одну из вышеуказанных проверок. Тогда ему необходимо:

- 1) запросить у заказчика документы с данными входного контроля автомобиля, где могут быть отметки о количестве жидкостей;
- 2) запросить у заказчика результаты диагностики при приеме автомобиля;
- 3) внимательно изучить снятые детали и узлы, а также кузов автомобиля на предмет возможных следов подтекания жидкостей.

Следует отметить, что в случае, если заказчиком исследования является суд (судебная экспертиза), то и запрашивать все указанные в п. 1 и 2 документы можно только непосредственно у заказчика, поскольку их получение от других лиц будет нарушением судебным экспертом действующего законодательства.

5.2.1.5 Проверка работы двигателя

При исследовании причин неисправности двигателя может находиться в различном техническом состоянии, но с точки зрения дальнейших действий исследователя наиболее важно, находится ли двигатель в рабочем или нерабочем состоянии.

Если двигатель работоспособен, то проверка его работы не только является обязательной, но нередко исключает какие-либо дальнейшие работы по разборке двигателя. В самом деле, необоснованная разборка рабочего двигателя для профессионального исследователя полностью исключена, основания для проведения разборки в таком случае должны быть чрезвычайно серьезными.

Рабочее состояние означает, что двигатель работает, но, возможно, имеет определенные отклонения параметров от нормальных (номинальных, допустимых) значений, что может быть признаком неисправности. В нерабочем состоянии, очевидно, двигатель неработоспособен вследствие тех или иных повреждений (поломок).

Определение причины неисправности двигателя, находящегося в рабочем состоянии, в целом оказывается близким к обычной сервисной операции – диагностике. Более того, методы и средства диагностики, от простого компрессометра до сложных электронных средств, имеют во многих случаях наиболее важное значение. Дело в том,



5.2. Типичное замасливание днища автомобиля в результате течи масла



5.3. Состояние тормозных дисков в некоторых случаях помогает правильно определить путь дальнейших исследований неисправности двигателя

что у работающего двигателя внешние признаки неисправности нередко не позволяют однозначно выявить ее причину, в то время как использование диагностических средств может стать решающим для локализации неисправности. Далее, но только после получения и предварительного анализа результатов диагностики, следует принять решение о необходимости дальнейшей частичной или полной разборки двигателя, если выявленная на предварительной стадии неисправность связана с механической частью двигателя.

При проведении диагностики, помимо технических средств, важное значение имеет и анализ внешних признаков неисправности – таких как акустические признаки (шумы и стуки) и следы внешней негерметичности систем (течь масла или охлаждающей жидкости).

Шумы и стуки иногда могут быть дополнительными признаками неисправности, однако делать их главными признаками нецелесообразно сразу по нескольким причинам. Так, на шумы и стуки не существует никаких норм и стандартов, которые позволили бы установить не только повышенный по сравнению с некоей нормой уровень, но даже и само наличие повышенного шума/стука двигателя. В таких условиях все результаты определения шумов и стуков становятся субъективными, только на их основе невозможно принять какие-либо обоснованные решения ни о предполагаемой причине неисправности, ни о способах ее определения.

Другое дело – подтеки жидкостей на внешних поверхностях. В общем случае признаки негерметичности могут не только указывать на факт самой негерметичности, но также дать представление о ее количественных характеристиках, для чего важно оценить распространение следов жидкостей по направлению потока воздуха на днище и заднюю часть автомобиля.

В некоторых случаях не менее важными могут быть и более «экзотические», на первый взгляд, признаки, дополняющие картину неисправности, – например, износ тормозных дисков, шин и др.

Для некоторых случаев важным этапом исследования является тестовая поездка, при которой могут контролироваться и измеряться различные параметры. Получение таких параметров при современном развитии диагностических средств не представляет проблем. Однако сложностью при проведении тестовой поездки может быть:

- 1) отсутствие или нежелание владельца транспортного средства выполнить поездку (в этом случае поездка невозможна);
- 2) большая длительность поездки, когда получение каких-то параметров требует поездки на значительные расстояния (например, для определения расхода масла или топлива).

В каждом конкретном случае такие вопросы должен решать исследователь – с целью так построить исследование, чтобы получить все необходимые данные для определения причины неисправности.

5.2.1.6 Работы по исследованию состояния узлов и деталей

В отличие от двигателя, находящегося на момент начала проведения исследований в целом в рабочем состоянии, определение причины неисправности неработающего двигателя представляет собой отдельную и нередко не менее трудную задачу. При неработающем двигателе в основном приходится иметь дело не столько с признаками той причины, которая не дает ему работать, сколько со следствиями этой причины, когда причина полностью скрыта за внешними признаками.

Рассматривая данный вопрос, необходимо отметить, что неисправности механической части, систем управления, агрегатов могут дать похожие на первый взгляд внешние признаки. Поэтому при проведении диагностики неработающего двигателя вначале необходимо не столько определить причину, сколько правильно оценить, с чем она связана – с механической частью или системой управления и агрегатами. Ошибка на данном этапе ведет к неоправданным затратам времени на проведение ненужных работ, в том числе к необоснованной разборке двигателя с совершенно исправной механической частью.

После того как область поиска сужена, ищется причина неисправности. Если неисправность связана, например, с механической частью двигателя, то для точного определения ее причины потребуется частичная или полная разборка двигателя. При этом следует отметить тот факт, что хотя неисправность в механической части часто оставляет «следы» на многих деталях, даже после полной разборки двигателя не всегда удается установить причину неисправности, которая мо-

жет иметь различные последствия для деталей. Поэтому в любом случае следует всячески избегать поспешной и необоснованной разборки двигателя.

В ремонтной и экспертной практике имеется масса примеров, когда по неправильно истолкованным признакам разбирались совершенно исправные двигатели, после чего ремонтники устранили, а эксперты выдумывали несуществующие неисправности. Следовательно, для выявления и устранения истинной причины неисправности в механической части двигателя необходимо иметь специальный алгоритм (методику) ее поиска по характеру повреждений отдельных деталей.

Очевидно, требование обоснованности разборки двигателя говорит о том, что при проведении исследований причины неисправности преимущество следует отдавать безразборным методам диагностики и поиска причин неисправности, и толь-

ко исчерпав такие методы, можно переходить к разборке. То есть необходимо последовательно двигаться от простых ко все более сложным этапам исследования. 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 и т.д.), но и является фактически разрушающим методом исследования, после которого восстановление первоначальных свойств, которые объект (двигатель) имел до разборки, невозможно или крайне затруднительно. Очевидно, что такой сложный метод должен быть применен только в самом конце всей цепочки работ, а никак не в ее начале.

Для того чтобы установить правильный алгоритм проведения исследовательских работ

Таблица 5.1. Типичные причины неисправности бензиновых двигателей, делающие невозможным или сильно затрудненным запуск при свободном вращении коленчатого вала

Бензиновые двигатели	
Причина	Проверка
Неисправности систем управления: – системы питания; – системы зажигания	Диагностические работы по системе управления
Низкое давление (компрессия) в цилиндре вследствие переобогащенной смеси. Встречается обычно при запуске в условиях низких температур	Вывернуть свечи, продуть цилиндры, залить в каждый по 0,5÷1,0 см ³ масла, завернуть свечи, запустить двигатель
Обрыв зубчатого ремня или цепи привода распределительного вала	Коленчатый вал вращается стартером очень быстро. Снять кожух ремня (крышку цепи), крышку головки блока и убедиться, что распределительный вал не вращается
«Перескакивание» чрезмерно ослабленного зубчатого ремня или цепи на несколько зубьев	Хлопки на впуск и в глушитель. Точно определяется путем снятия крышек и проверкой установки фаз газораспределения

Таблица 5.2. Основные группы неисправностей дизелей, делающих невозможным или сильно затрудненным запуск при условии свободного вращения коленчатого вала

Дизельные двигатели	
Причина	Проверка
Неисправность двух или более свечей накаливания или системы управления свечами (не запускается только холодный двигатель)	Отсоединить свечи от шины и проверить электросопротивление каждой свечи. Проверить напряжение на шине. При отсутствии напряжения можно подать на шину напряжение непосредственно от аккумулятора с помощью провода и проверить запуск двигателя
Неисправность системы питания (форсунки, насос высокого давления)	Проверка топливной аппаратуры на специальных стендах
Большой износ поршневой группы, клапанов, направляющих втулок и седел. Наблюдается после пробега 120÷150 тыс. км и более	Двигатель пускается только при повышенной частоте вращения (например, «сходу»). После запуска работает удовлетворительно. Возможна негерметичность сальников и прокладок из-за повышенного давления в картере, большой расход масла
«Перескакивание» чрезмерно ослабленного зубчатого ремня или цепи на несколько зубьев	Повреждение клапанов, отсутствие компрессии. Точно определяется путем снятия крышек и проверкой установки фаз газораспределения

с двигателем, полезно также учитывать некоторые особенности его состояния, которые легко определяются при осмотре. Так, при исследовании неработоспособного двигателя все неисправности по внешним признакам можно разделить на две условные группы: когда коленчатый вал проворачивается (стартером, специальным ключом и т.п.) и когда этого сделать нельзя.

Для первой группы неисправностей существенное значение имеют тип и конструкция двигателя и его системы управления. Например, для бензиновых двигателей частой причиной невозможности запуска являются неисправности систем топливоподачи или зажигания, при этом пониженная компрессия во всех цилиндрах является редким случаем и может быть вообще не связана с неисправностью механической части (например, известный из практики эффект смывания масла со стенок цилиндров топливом во время запуска при низких температурах).

Напротив, у дизелей, помимо неисправностей в системе топливоподачи и нарушения работы свечей накаливания, невозможность запуска может быть вызвана низкой компрессией, например, вследствие износа ЦПГ, стержней направляющих втулок и седел клапанов. Поэтому, если исключить неисправности стартера и аккумуляторной батареи, не позволяющие вращать при запуске коленчатый вал с необходимой для этого скоростью, можно рассматривать причины незапуска

бензиновых и дизельных двигателей отдельно (табл. 5.1 и 5.2).

Если коленчатый вал двигателя не вращается, что может быть легко определено, например, с помощью ключа с рычагом, устанавливаемого на болт шкива коленчатого вала, то причины заклинивания у всех типов двигателей являются общими. В таком случае неисправности различных систем можно смело исключить, а основные причины неисправности заключены непосредственно в механической части самого двигателя (табл. 5.3).

Следует также отметить, что многие неисправности как механической части, так и систем управления, напрямую ведут к выходу из строя стартера. Например, из-за тугого вращения коленчатого вала происходит перегрев обмоток стартера, ускоренный износ щеток, коллектора, перегрев контактов тягового реле. Похожий результат будет, если запуск двигателя затруднен из-за неисправности систем топливоподачи или зажигания, хотя при этом ротор стартера будет вращаться с гораздо более высокой частотой.

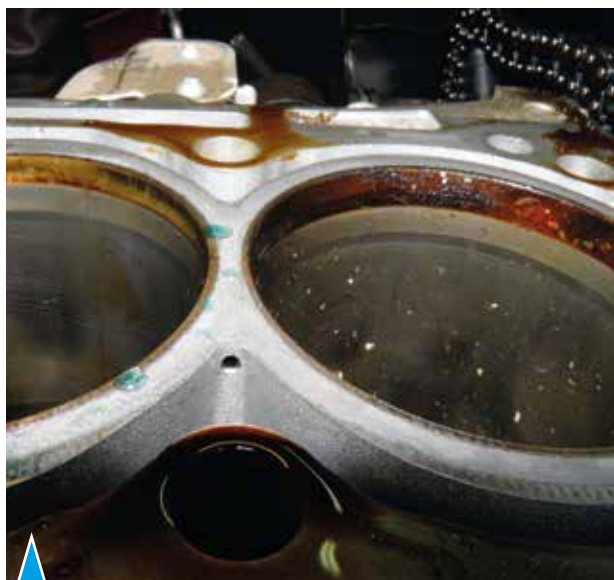
На практике нередко оказывается справедливым и обратное – если неисправен стартер, значит, двигатель имеет какую-либо неисправность, связанную с трудностью запуска. То есть между неисправностями двигателя и стартера может быть причинно-следственная связь, когда неисправность стартера появилась не сама по себе,

Таблица 5.3. Основные неисправности двигателей, связанные с большой трудностью или невозможностью прокрутить коленчатый вал

Причина	Проверка
Заклинивание подшипников коленчатого вала из-за недостаточной смазки	Снять поддон картера, освободить крышки шатунов, провернуть коленчатый вал
Заклинивание распределительного вала из-за недостаточной смазки	Снять крышку головки, освободить подшипники распределительного вала, провернуть двигатель
Заклинивание поршневого пальца в поршне при запуске в условиях низких температур (встречается очень редко)	Снять поддон, крышки шатунов, убедиться в невозможности повернуть шатуны в пальцах
Обрыв шатуна из-за перегрева при недостаточной смазке	Снять поддон, определить неисправность визуально
Поломка клапана, попадание тарелки между головкой и поршнем	Снять крышку, проверить зазоры в клапанах. Проверить уровни охлаждающей жидкости и масла (возможна трещина в головке). Выполнить осмотр цилиндра с помощью эндоскопа
Заклинивание шестерен стартера в изношенных зубьях маховика (встречается редко)	Освободить стартер, провернуть коленчатый вал
Поломка деталей привода распределительного вала (цепь, натяжитель цепи)	Снять крышку головки, осмотреть цепь
Обрыв ремня привода распределительного вала, упор поршней в открытые клапаны	Снять кожух ремня, осмотреть детали
Деформация шатунов из-за гидроудара в цилиндрах	Снять поддон, освободить крышки шатунов, осмотреть шатуны, провернуть коленчатый вал
Большое количество жидкости (вода, охлаждающая жидкость, топливо) в цилиндрах	Вывернуть свечи, провернуть коленчатый вал, сделать проверку шатунов на возможную деформацию



5.4. Пробоины на двигателе, обнаруженные в начале осмотра



5.7. Расширение зоны нагара в верхней части поврежденного цилиндра (справа)



5.5. Разрушенный шатун



5.8. Следы высохших капель воды на стенках впускных трубопроводов



5.6. Шатунный вкладыш, имеющий характерные повреждения на краях

а была вызвана неисправностью двигателя. При этом задача исследователя – правильно определить, что есть истинная причина незапуска, а где следствие этой причины.

Двигатель с очевидными внешними повреждениями (проломы, пробоины) однозначно имеет внутренние разрушения деталей, и если необходимо найти причину неисправности, то такой двигатель должен быть однозначно и полностью разобран. В противном случае, при отсутствии разборки или при неполной разборке, правильно определить причину, как правило, не удастся. При этом следует иметь в виду, что для неработоспособного двигателя с явными признаками внутренних повреждений и поломок разборка фактически не является разрушающим методом контроля (или является им условно), поскольку состояние двигателя как до, так и после разборки остается неработоспособным.

С другой стороны, ситуация, когда двигатель с явными признаками внутренних разрушений не разбирается или разбирается частично, является другой, противоположной необоснованной разборке крайностью, также нередко встречающейся в экспертной практике. Типичным примером частичной разборки и заведомо неправильно определенной причины является снятие поддона с выборочным отворачиванием нескольких крышек подшипников и объявление на основании увиденных повреждений «найденной» причины – «масляного голодания» вследствие низкого уровня масла, хотя в действительности есть еще с десятков причин, которые дадут те же самые признаки.

Бензиновый двигатель автомобиля бизнес-класса вышел из строя, при исследовании были обнаружены пробойны блока цилиндров с двух сторон. При вскрытии поддона картера были найдены разрушенный шатун и поврежденный шатунный вкладыш, а в системе управления был выявлен блок-бустер для увеличения мощности, что позволило исследователю с легкостью объявить причиной неисправности масляное голодание в результате чрезмерной нагрузки.

Однако повторное исследование, выполненное с полной разборкой, показало, что шатун был деформирован, а поршень длительное время работал с недоходом до штатного положения в верхней мертвой точке, что вызвало расширение зоны нагара в верхней части поврежденного цилиндра. Помимо этого, были обнаружены признаки попадания воды во впускную систему в виде засохших капель воды.

В совокупности все выявленные признаки позволили установить истинную причину неисправности – гидроудар от попадания воды во впускную систему, вызвавший потерю устойчивости и деформацию шатуна с последующим его усталостным разрушением через несколько тысяч километров пробега.

Данный пример наглядно показывает, что обоснованная разборка двигателя фактически является эффективным средством для правильного исследования причины неисправности, и, напротив, пренебрежение разборкой вследствие торопливости и/или непонимания не просто затрудняет, а делает определение причины неисправности невозможным. Однако следует иметь в виду, что любые крайности в этом процессе одинаково вредны для правильного определения причины. Так, если у двигателя имеются внешние признаки поломок, и уже совершенно очевидно, что такой двигатель для определения причины этих поломок должен быть в обязательном порядке полностью разобран, это совершенно не означает, что он должен быть разобран прямо сейчас, немедленно и одновременно.

Именно крайности, допускаемые некоторыми специалистами при исследовании причин неисправности, являются, в свою очередь, главной причиной значительного усложнения работ по определению самой причины неисправности. В данном случае торопливость может привести, а нередко и приводит, к тому что при ускоренной разборке двигателя упускаются из виду очень важные признаки, часть из которых чрезвычайно трудно восстановить потом, а часть вообще безвозвратно утрачивается.

Это подтверждает сделанный выше вывод – чтобы не усложнять задачу определения причины неисправности, необходимо выполнять определенный порядок работ по исследованию двигателя, строго следуя некоему общему алгоритму (методике). В то же время попытка «облегчить себе жизнь», пропустив ряд важных этапов, приведет, наоборот, к значительному усложнению работы и, не исключено, к ошибочным выводам о причине неисправности.

5.2.1.7 Отбор деталей для дальнейших исследований

Такой отбор (изъятие) может потребоваться в случае, если специалист не может на месте осмотра вследствие отсутствия соответствующего оборудования и/или приборов выполнить исследования конкретных деталей. Например, определить какие-то размеры, твердость, химический состав, микроструктуру излома и т.д.

При отборе деталей и узлов действуют такие же принципы, что и при отборе проб рабочих жидкостей, включая необходимость соответствующего оформления с помощью актов. При этом точно так же действует и общее правило – если исследователь отбирает детали и проводит их исследование без необходимого обоснования и установления причинно-следственной связи состояния данной детали с неисправностью двигателя, то это может говорить либо о его непрофессионализме, либо о стремлении увеличить стоимость исследования путем включения в него «лишних» работ.

5.2.1.8 Заключительный этап исследования автомобиля/двигателя на месте осмотра

Практика показывает, что многие исследователи, закончив работу с автомобилем, бросают все на месте в надежде, что кто-то все сложит, опечатает и будет хранить дальше. Особенно это характерно для первичных обращений (досудебные экспертизы), и именно тогда и происходит большинство случаев описанной выше необоснованной разборки двигателя с уничтожением данных диагностики, уровней жидкостей, следов, признаков действительного состояния и т.д.

Естественным продолжением такой «работы» является и произвольное складирование и хранение узлов и деталей. Понятно, что такое хранение

создает значительные трудности при проведении последующих исследований (если такие исследования будут назначены).

Для того чтобы не действовать по известному принципу «после меня хоть потоп» и не уничтожить объекты исследования, профессиональный исследователь всегда проследит, чтобы после проведения осмотра все детали были правильно сложены и в обязательном порядке опечатаны. И именно это более всего отличает профессионального исследователя от непрофессионала или особо «грамотного» специалиста.

После того как исследования на месте закончены, исследователь записывает (фиксирует) основные данные о проведенных работах, для чего принято составлять некий документ, который разными исследователями называется по-разному – в том числе по аналогии с другими видами экспертиз это может быть некий «акт 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.

Если подводить общий итог по всем действиям и работам, выполняемым при исследовании автомобиля и двигателя, то для практики можно сделать следующие важные выводы:

- 1) при исследовании причин неисправности двигателей чрезвычайно важно строго соблюдать определенный порядок поэтапного выполнения экспертных работ;
- 2) порядок выполнения работ по экспертному исследованию неисправности двигателя в общем случае включает следующие основные этапы:
 - внешний осмотр, проверка уровней рабочих жидкостей, поиск мест негерметичности и т.д.,
 - для работающего двигателя – анализ акустических данных, дымности, проведение тестов и т.д.,
 - комплексная диагностика с помощью технических средств,
 - отбор проб топлива, масла,
 - принятие решения о разборке,
 - собственно разборка двигателя, исследование поврежденных деталей;
- 3) «скоростные» методы исследования, упрощение и/или стремление к экономии времени путем пропуска отдельных этапов и/или видов работ, а также намеренное их усложнение путем необоснованного выполнения «лишних» исследований обычно приводят к затруднению или

даже невозможности правильного определения причины неисправности,

- 4) преимущество всегда следует отдавать использованию безразборных методов поиска причины и только потом, при невозможности определения причины безразборными методами, переходить к разборке двигателя, частичной или полной.

Все указанные этапы экспертного исследования и их особенности более подробно рассматриваются в последующих подразделах данной главы.

5.2.2 Диагностика неисправности двигателя по внешним признакам

Диагностика двигателя по внешним признакам (или, как еще называют – безразборная диагностика) является предварительным этапом работ по определению причины неисправности. Как уже было указано выше, в целом имеется аналогия между диагностикой, выполняемой в эксплуатации автомобиля с конечной целью восстановления рабочих свойств и параметров двигателя, и диагностикой, выполняемой при экспертных исследованиях и призванной лишь установить неисправность и ее причину – оба этих процесса решаются с использованием одних и тех же методов и средств. В связи с этим исследователь, занятый поиском неисправности с любой из указанных целей, должен в совершенстве владеть всеми тонкостями диагностики двигателя.

Преимущественно безразборная диагностика применяется для работоспособного двигателя, но не менее важна также в случае поломки и неработоспособности двигателя, поскольку может дать немало нужной информации, которая будет совершенно однозначно потеряна после разборки. В то же время важность данного этапа для работоспособного двигателя нередко обусловлена тем, что именно по результатам предварительной диагностики делается вывод о необходимости или, наоборот, нецелесообразности дальнейшей разборки двигателя.



5.9. Представление двигателя в качестве «черного ящика» упрощает формулирование общих закономерностей влияния режимов работы на внешние проявления неисправности

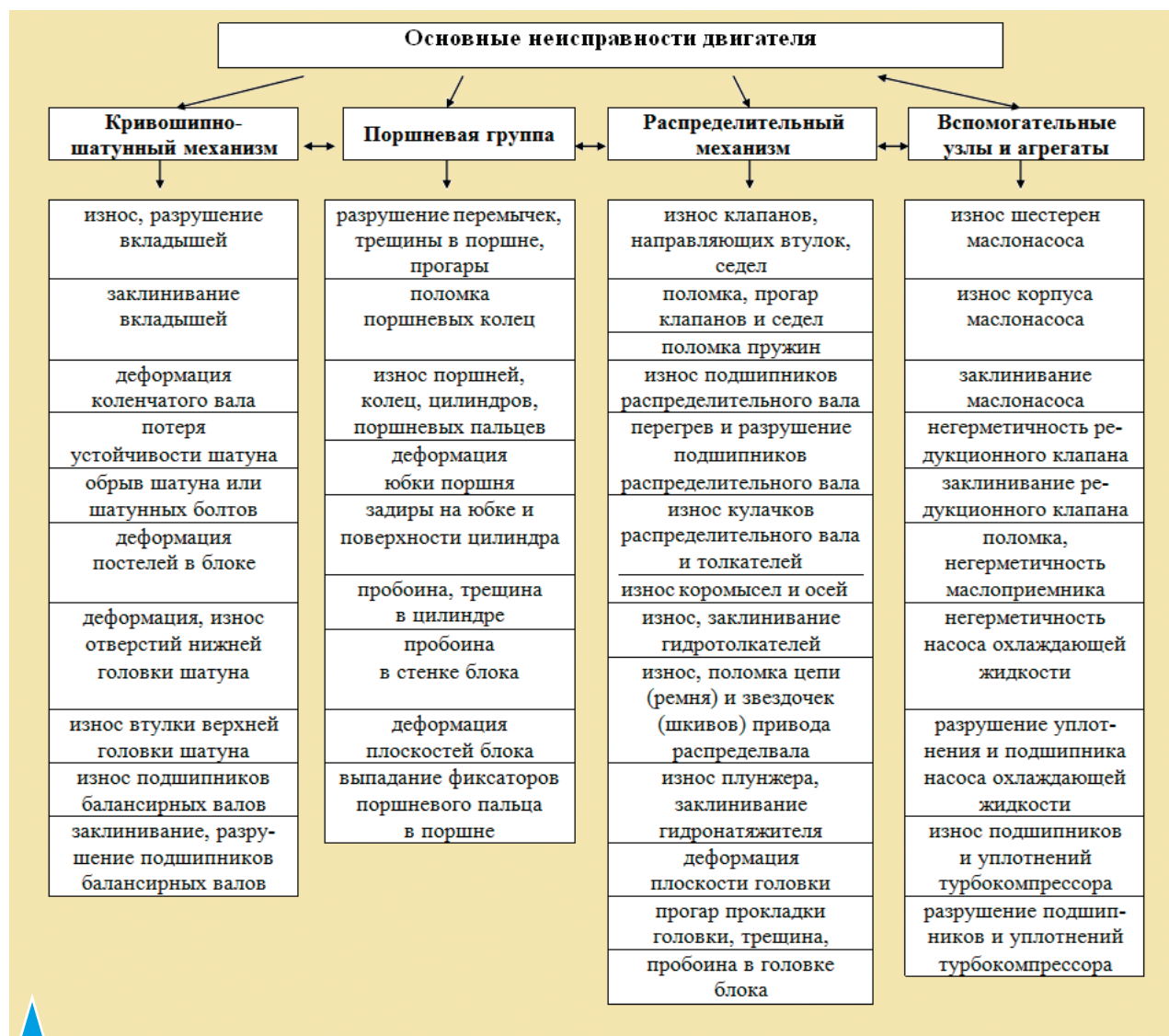
Действительно, неисправный, но работающий двигатель характеризуется целым рядом внешних проявлений, правильный и квалифицированный анализ которых дает весьма ценную информацию о неисправностях. Более того, существует большое количество неисправностей, которые несложно локализовать по внешним признакам. К таким признакам относится посторонний шум, цвет и состав выхлопных газов, расходы масла, охлаждающей жидкости и др.

Если рассматривать двигатель в качестве «черного ящика», то, даже не зная его устройства и характерных особенностей конструкции, по входным параметрам, режиму работы и выходным параметрам (внешним признакам) можно попытаться определить неисправность, используя определенный алгоритм. Разумеется, речь идет о безразборных методах диагностики, которые предполагают, что используется некий определенный порядок проведения проверок, постепенно исключая все неисправности, не характерные для данного случая, и сужающие

круг поиска до нескольких или даже одной возможной причины.

Несмотря на то что такие принципы теоретически применимы, для механической части двигателя подобные алгоритмы оказываются слишком сложными, а полученные с их помощью результаты – не вполне достоверными, чтобы ими можно было бы пользоваться на практике. Это, с одной стороны, связано с большим количеством различных деталей в двигателе, повреждения которых имеют похожую картину внешних признаков.

С другой стороны, влияние режима работы двигателя дает обычно огромное число вариантов, когда одна и та же неисправность может иметь совершенно разные внешние проявления. Вследствие этого определение причин механических неисправностей по внешним признакам представляется более целесообразным только на предварительном этапе локализации неисправности, предполагающем последующее принятие решения о разборке двигателя с последующим уточнением по ее результатам состояния деталей.



5.10. Основные неисправности двигателя настолько многочисленны, что многие дефекты и повреждения имеют сходные внешние признаки

Для этого на предварительном этапе можно воспользоваться различными таблицами поиска неисправностей, которые нередко приводятся в соответствующих ремонтных руководствах. В то же время специалисты, хорошо знающие конструкцию двигателя, происходящие в нем процессы и условия работы деталей, обычно довольно точно определяют неисправность непосредственно по ее внешним признакам.

Однако ко всем методам, методикам и алгоритмам поиска и определения причин неисправностей по внешним признакам, а также к таблицам неисправностей следует относиться с известной долей осторожности. Дело в том, что конкретный двигатель может иметь конструкцию некоторых узлов и деталей, отличающуюся от традиционной. Тогда внешние признаки неисправности могут указать на совершенно неверную причину. Кроме этого, внешние признаки часто указывают вовсе не на причину, а на ее следствие. Например, причина стука шатунных подшипников может быть совсем не в большом их износе, а в неисправности маслонасоса или редукционного клапана, а то и вообще в низком уровне масла вследствие несвоевременности его контроля водителем или даже течи масла через поврежденный сальник. В данном случае износ является таким же следствием, как и стук, а истинная причина, если основываться только на внешних признаках, неочевидна.

На практике часто приходится выполнять большое количество диагностических проверок узлов и деталей двигателя, чтобы найти причину неисправности. Но далее, при необходимости точного определения причины, все равно должна следовать разборка двигателя с уточнением предварительно определенной причины неисправности. Тем не менее правильное предварительное определение причины неисправности позволяет существенно сократить затраты времени на поиски, поскольку нет необходимости выполнять ненужные работы. Наоборот, неправильно проведенная диагностика иногда не позволяет сразу определить причину неисправности даже после полной разборки двигателя. В связи с этим следует отметить, что здесь решающее значение приобретает опыт исследователя, в том числе знания конструкции и процессов двигателя и его систем.

Для предварительного определения причины неисправности двигателя могут быть использованы различные способы в зависимости от состояния двигателя, квалификации персонала, вида применяемого диагностического оборудования и др. Диагностирование всегда предшествует всем последующим действиям, причем чем точнее определена причина неисправности на предварительной стадии, тем с меньшими затратами времени она будет установлена далее.

Как уже было отмечено, при проведении предварительного этапа работ следует различать методы и средства диагностирования механической

части двигателя, с одной стороны, и систем управления (топливоподачи, зажигания) – с другой. Дело в том, что если неисправности механической части в некоторых случаях могут быть определены по внешним признакам – даже, к примеру, «на слух» и/или «на глаз», то неисправности систем электронного управления современных двигателей, как правило, выявляются только с помощью специального диагностического оборудования.

С другой стороны, нельзя смешивать диагностику механической части и систем управления при выборе методов и средств диагностики. Практика показывает, что с помощью даже самого современного электронного диагностического оборудования, как правило, не удастся определить причину стука или большого расхода масла. Точно так же многие неисправности систем управления не удастся определить и устранить, только анализируя их внешние проявления (по характеру работы двигателя).

Указанная «путаница» характерна для малоопытных исследователей-экспертов и работников многих ремонтных организаций. Ее результатом обычно являются неправильно установленная еще на предварительной стадии причина неисправности, «лишние» ремонтные работы и недостоверное заключение из-за неверно определенной причины.

Для того чтобы разобраться, как правильно действовать на предварительном этапе и не наделать ошибок, следует рассмотреть данный этап более подробно.

5.2.2.1 Акустические признаки неисправности двигателя

Посторонние шумы и стуки со стороны двигателя сопровождают автомобиль на протяжении значительной части его эксплуатации. Сильные и слабые, глухие и звонкие звуки в общем случае не только раздражают слух и снижают комфорт водителя, но и сигнализируют о возможных неполадках в узлах и агрегатах двигателя.

Источники звуков в двигателе весьма многочисленны, причем двигатель как источник звуков занимает в автомобиле одно из главных мест. Действительно, значительные нагрузки на детали двигателя носят знакопеременный периодический характер в соответствии с частотой вращения коленчатого вала, поэтому неудивительно, что 3 тыс. ударов за одну минуту или, к примеру, 30 тыс. ударов за 10 минут одной детали по другой вполне могут привести к весьма неприятным для данных деталей последствиям.

В отношении постороннего шума или стука, появившегося в двигателе в какой-то момент его эксплуатации, наиболее важен вопрос о причине. Фактически правильный ответ на этот вопрос определяет целый комплекс сопряженных вопросов – от возможности дальнейшей эксплуатации двигателя до необходимости и степени сложности предстоящего ремонта.

Дать точный ответ на вопрос о том, что является причиной стука в каждом конкретном случае, непросто. Моторист или исследователь-эксперт высокой квалификации, с большим опытом и отличным слухом, может легко ошибиться. И цена ошибки может быть достаточно большой. Например, успокоенный тем, что ничего страшного нет, механик может посоветовать водителю не обращать внимания на едва заметный шум, и... через некоторое количество километров шатун пробивает блок цилиндров. Можно представить и другую картину: механик «приговорил» двигатель к капитальному ремонту, или исследователь решил, что причина некоего стука или шума внутри двигателя. Однако после разборки выяснилось, что к самому двигателю (т.е. к его механической части) стук отношения не имеет...

Нередко ответить на вопрос, почему вообще возник стук, без разборки и тщательной проверки всех деталей и агрегатов двигателя вообще невозможно. Так, известны случаи установки при сборке двигателя некачественных комплектующих, быстрый износ которых и стал причиной стука. Но повреждения деталей, вызывающие стук, могут быть и следствием эксплуатации двигателя, в том числе их естественного износа. Более того, задача многократно усложняется в том случае, если такие повреждения оказываются вторичными и появляются вследствие скрытых неисправностей других деталей или узлов двигателя.

Таким образом, возникновение шумов и стуков (далее будет использовано единое название «стук») в двигателе происходит по многим причинам, выявить которые совсем непросто. Многообразие стуков и связанных с ними неисправностей велико, и описать их все достаточно сложно. Поэтому целесообразно сформулировать некие общие принципы, помогающие определить истинную причину. Причем начать целесообразно с особенностей проявления стука.

Некоторые закономерности акустических свойств двигателя

В инструкциях по ремонту некоторых автомобилей указывалось, например, так: «...стук коренных подшипников коленчатого вала... глухого тона... лучше прослушивается...» Действительно, когда на СТО ремонтируется только одна модель автомобиля с одним и тем же двигателем, подобные рекомендации помогут установить причину стука. Но для совершенно разных автомобилей, с которыми имеет дело ремонтник на независимой СТО или исследователь, особенности конструкции их двигателей являются причиной разных шумов и стуков при одинаковых неисправностях. И наоборот, похожих стуков при совершенно разных неисправностях.

Причина неоднозначного проявления стуков – в многообразии конструкций двигателей. Более того, и степень повреждения «стучащих» деталей тоже может быть совершенно различной, тогда

и стук стуку будет рознь. Так, стук коренного подшипника у малолитражного двигателя автомобиля малого класса вполне может оказаться звонче шатунного стука у многоцилиндрового двигателя автомобиля представительского класса. Поэтому «звонкость» или «глухость» стука – понятия относительные и могут быть приняты во внимание только как второстепенные признаки.

Напротив, практика показывает, что можно выделить и главные признаки стука. Например, это характер стука – регулярный, с определенной частотой или нерегулярный. Последний появляется эпизодически (через неравные промежутки времени), что не позволяет указать его частоту. Параметры регулярных стуков всегда можно связать и с частотой вращения коленчатого вала двигателя – частота стуков может как совпадать, так и отличаться от частоты вращения коленвала.

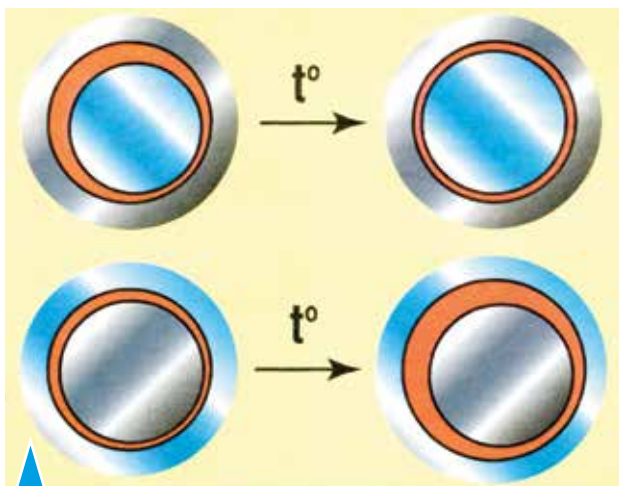
Еще один важный параметр стука – интенсивность. В значительной степени этот параметр носит субъективный характер: какому-то специалисту может показаться, что двигатель не стучит, другому же данный стук слышится довольно сильным. Но главное здесь в другом – необходимо установить, есть ли связь интенсивности стука с режимом работы двигателя.

Чем определяется режим работы двигателя, понятно – частотой вращения и нагрузкой. С ростом частоты вращения увеличиваются силы инерции возвратно-поступательно движущихся деталей (шатунно-поршневая группа, клапанный механизм), и если стук связан с их повреждением, то обычно он усиливается. Правда, при этом общий шум работающего двигателя может заглушать стук, поэтому часто не удается точно установить, усиливается конкретный стук с ростом частоты вращения или нет.

Увеличение нагрузки (открытие дроссельной заслонки) ведет к росту давления в цилиндрах и, соответственно, к возрастанию нагрузки на движущиеся детали, в первую очередь кривошипно-шатунного механизма и поршневой группы. Поэтому в большинстве случаев стук, связанный



5.11. Влияние режима работы двигателя на характер стука



5.12. Различные варианты сопряжения алюминиевой и стальной (чугунной) деталей дают противоположную картину изменения зазора при нагреве. Нагрев пары сопряженных деталей, из которых алюминиевая деталь – охватываемая, приводит к уменьшению рабочего зазора (вверху).

Если алюминиевая деталь – охватывающая, зазор будет увеличиваться (внизу).

■ – алюминиевая деталь;

■ – стальная или чугунная деталь.

с повреждениями этих деталей, усиливается с ростом нагрузки.

Как показывает практика, на стук может заметно повлиять изменение подачи масла к различным соединениям деталей. К примеру, с ростом частоты вращения увеличивается давление масла и его подача насосом, в том числе и к поврежденным «стучащим» деталям. Масло имеет определенную вязкость и обладает демпфирующим эффектом, поэтому с ростом частоты вращения некоторые стуки могут «затихать», даже несмотря на резкое увеличение действующих на детали сил.

В связи с этим особое значение имеет температура двигателя. Густое, холодное масло отлично держится в больших зазорах между уже изношенными и даже разбитыми деталями. При этом двигатель, на слух буквально разваливающийся на части в горячем состоянии, холодным может работать почти идеально.

Но зависимость интенсивности стука от температуры связана не только со смазкой. Целый ряд сопряженных деталей в двигателе изготовлены из разных металлов (бронзы, алюминиевых сплавов, стали, чугуна), имеющих и разные коэффициенты температурного расширения. Естественно, величина зазора в сопряжениях деталей из разнородных металлов изменяется в зависимости от температуры. На практике вопрос об изменении интенсивности стука в зависимости от температуры часто является ключевым в поиске причины неисправности.

Подобных соединений в двигателе не так много: «поршень – цилиндр», «поршень – поршневой

палец», «распределительный вал – алюминиевая головка цилиндров» и «коленчатый вал – алюминиевый блок цилиндров». Сюда же можно отнести соединения типа «коромысло – ось», «толкатель – алюминиевая головка цилиндров» «клапан – бронзовая направляющая втулка», а также «клапан – головка цилиндров».

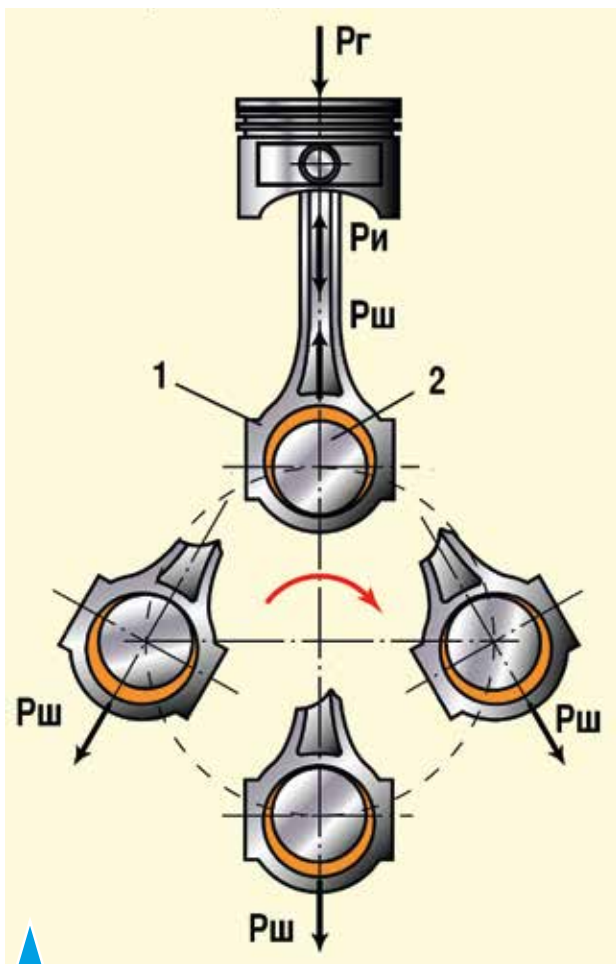
Очевидно, все эти типы соединений могут оказаться источниками стуков, усиливающихся либо, напротив, затихающих при прогреве двигателя. Большинство указанных соединений работает по такому принципу – если алюминиевая деталь пары является охватываемой (стальная или чугунная деталь при этом внутри), то с нагревом зазор и стук увеличиваются. И наоборот – в паре, где алюминиевая деталь внутри, стучащий двигатель способен с нагревом затихнуть. Исключение составляет последнее из перечисленных сопряжений – «клапан – головка цилиндров», в котором при изменении температуры деталей меняется не только длина клапана, но и высота головки цилиндров, вызывая существенное изменение зазора в приводе клапана в зависимости как от температуры двигателя, так и от режима его работы, определяющего температуру клапана.

Для правильной диагностики стука двигателя иногда имеет решающее значение, как изменяется этот стук в процессе эксплуатации. Одни стуки, раз возникнув, остаются практически неизменными долгое время и по характеру, и по интенсивности. Другие, напротив, быстро прогрессируют. По этому признаку обычно удается сузить круг возможных причин неисправности: если первые связаны чаще всего с износом в сопряжении двух деталей из твердых материалов (клапанный механизм и цилиндропоршневая группа), то вторые – с износом мягкого материала в паре с твердым (шатунные, коренные вкладыши, подшипники распределительного вала).

Интенсивность стука в общем случае зависит от частоты вращения, нагрузки и температуры двигателя. В качестве примера можно рассмотреть равномерный стук с частотой, равной частоте вращения коленчатого вала.

Как показывает практика, при увеличении частоты вращения интенсивность стука растет, если рабочие поверхности деталей уже достаточно изношены. При малых износах, а следовательно, и зазорах высокая частота вращения, наоборот, может «заглушить» стук. Поэтому при определении причины стука важно выяснить влияние нагрузки и температуры двигателя.

Увеличение нагрузки двигателя приводит к усилению стука в кривошипно-шатунном механизме и поршневой группе, т.е. там, где действуют пропорциональные ей силы. Температура в этой ситуации влияет по-разному – с ее ростом вязкость масла падает, и, к примеру, поврежденный подшипник в кривошипно-шатунном механизме начинает стучать сильнее. В то же время повреж-

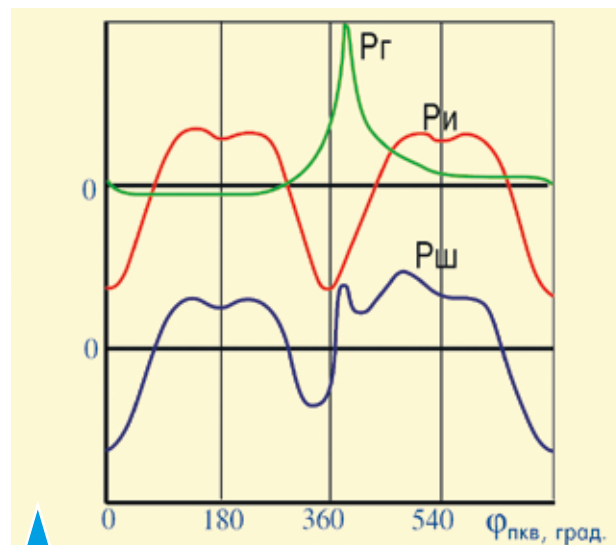


5.13. Стук шатунного подшипника прямо связан с изменением направления действующей (от сил давления и инерции) нагрузки на шатун. При вращении коленвала силы инерции $P_{и}$ и давления газов $P_{г}$ прижимают шатун поочередно к разным сторонам шатунной шейки. Если зазор в шатунном подшипнике велик, возникает стук: 1 – шатун; 2 – шатунная шейка коленчатого вала

денный поршень при нагревании расширяется, а зазор в сопряжении с цилиндром уменьшается, что вызывает «затихание» его стука.

Стуки, интенсивность которых не зависит от нагрузки, как правило, явно усиливаются с ростом частоты вращения. Подобные стуки могут быть вызваны ударами клапанов о поршни, попаданием посторонних предметов в цилиндр между поршнем и головкой блока, дефектами подшипников балансирных валов. При этом с ростом частоты вращения возрастают нагрузки на дефектные детали, возможна их деформация под действием сил инерции. Температура здесь усугубляет дело из-за снижения вязкости масла и температурного расширения более горячих деталей.

Стуки с частотой меньшей чем у коленвала, обычно связаны с распределительным механизмом. С ростом температуры их интенсивность усиливается из-за увеличения зазоров в механизме привода клапанов. Влияние частоты вращения



5.14. Сила $P_{ш}$, передаваемая шатуном на шейку коленвала, периодически меняет знак с положительного (шатун «толкает» коленвал) на отрицательный (коленвал «тянет» шатун) и обратно. Изношенный шатунный подшипник в этот момент будет источником стука. $\Phi_{пкв}$ – угол поворота коленвала

здесь может быть разное. Нагрузка, как правило, влияния не оказывает, за исключением стука гидротолкателей, который нередко усиливается под нагрузкой. Этот факт, кстати, может сбить с толку: дефект шатунного подшипника иногда дает практически тот же стук – с частотой, вдвое меньшей, чем у коленвала, усиливающийся под нагрузкой и с прогревом.

Интенсивность неравномерных стуков (частоту которых уверенно определить трудно) с ростом частоты вращения обычно снижается, а на изменение нагрузки не реагирует. Так происходит, например, при износе упорных подшипников валов, ослаблении посадки шкивов и маховиков (хотя последние иногда «затихают» при включении передачи или выключении сцепления).

Перечисленные выше стуки связаны с естественным износом, а также с различными нарушениями в эксплуатации и обслуживании двигателя. В то же время по неопытности и неграмотности механика во время ремонта двигателя могут быть внесены такие дефекты, которые при обычной его эксплуатации не встречаются. Это и «кривая» или криво установленная прокладка головки цилиндров, и несоосность постелей коленвала или распредвала, и непараллельность осей отверстий шатуна, и неперпендикулярность осей цилиндров и коленвала и многое другое. В таких случаях диагностика стука часто превращается в ребус, разгадать который совсем непросто. Хотя следует отметить, что общие закономерности стука справедливы и здесь.

Теперь, зная факторы, приводящие к появлению стука и изменению его интенсивности,



5.15. Типичная причина стука двигателя, усиливающегося при прогреве, увеличении нагрузки и частоты вращения – задиры и износ шатунного подшипника

можно перейти к рассмотрению наиболее часто встречающихся стуков и причин, их вызывающих.

Источники и причины стуков в двигателе

В подавляющем большинстве случаев стук в двигателе возникает в зоне сопряжения деталей при увеличении зазора между ними выше некоторой критической величины. В условиях нормальной смазки и охлаждения деталей повышенная шумность характерна для зазора, примерно в 2–3 раза большего максимальной величины номинального зазора. Непосредственно стук выявляется при зазоре в сопряжении, приблизительно в 3 и более раз превышающем номинальный, причем чем больше зазор, тем сильнее стук.

Очевидно, стук – это удар одной детали по другой, что обуславливает очень высокие контактные нагрузки в местах их соударения. Такие ударные нагрузки, особенно приходящиеся на малую площадь поверхности, постепенно разрушают сопрягаемые поверхности, причем тем быстрее, чем больше сила удара и меньше площадь поверхности. Поскольку эта сила зависит от величины зазора, то с его увеличением скорость износа деталей возрастает. В результате стук, а вместе с ним и ударные нагрузки, зазор, износ, прогрессирует, т.е. становится все сильнее и сильнее.

Насколько быстро идет этот процесс, зависит от многих факторов: конструкции, материала, технологии изготовления деталей, действующих нагрузок, условий смазки, охлаждения и др. Поэтому некоторые узлы, к примеру, газораспределительный механизм, способны работать в изношенном состоянии со стуком многие тысячи километров. В других, напротив, после возникновения стука поломка деталей происходит через несколько сотен или даже десятков километров. К таким относится кривошипно-шатунный механизм, где нагрузки очень высоки, а пары образованы твердой и мягкой деталями.

Иногда стук возникает и при нормальном зазоре в сопряжении деталей при отсутствии их явного

износа. Причины такого стука связаны с очень большими нагрузками, перекосом и заеданием одной из деталей, снижением вязкости масла из-за перегрева или разбавления его иной жидкостью (например, топливом или охлаждающей жидкостью). В таких случаях после устранения неблагоприятных факторов стук пропадает, конечно, если сопряженные детали не успели получить заметных повреждений.

Явный стук, появившийся в двигателе в эксплуатации, – безотлагательный повод для диагностики. От верно поставленного диагноза зависит объем ремонтных работ – возможно, что для устранения стука необходимо снять и полностью разобрать двигатель, хотя совершенно нельзя исключить варианты, когда требуется только его частичная разборка, либо причина стука вообще не связана с двигателем. Похожее решение нередко принимает и исследователь-эксперт – надо ли разбирать двигатель, или для выявления причины достаточно диагностики и внешнего осмотра? В таких случаях очень полезно знать некоторые закономерности изменения шумов и стуков.

Можно выделить несколько групп источников и причин стуков.

Уже упомянутый стук как следствие увеличенных зазоров в сопряжениях деталей – самый распространенный случай. Чаще всего такая картина характерна для двигателей с большими пробегами и, соответственно, износами деталей. То есть основная причина стука в данном случае – естественный износ при длительной эксплуатации. Правда, возможны и другие причины, связанные с нештатной эксплуатацией или ошибками ремонта, но для данного случая это будет скорее исключением, чем правилом.

Стук в результате перекоса деталей, в отличие от предыдущего случая, сам по себе не возникает. Чаще всего это связано с той же грубой эксплуатацией или некачественным ремонтом. К примеру, прогиб шатуна в результате гидроудара после форсирования лужи или установленная механиком



5.16. Типичные причины стука, не зависящего от прогрева и нагрузки:

- стук, резко усиливающийся с частотой вращения – касание поршней и клапанов вследствие неправильной установки фаз газораспределения, перескакивания ремня (цепи) и/или проворачивания приводных звездочек ГРМ на валах (слева);
- стук, интенсивность которого не зависит от частоты вращения – износ деталей привода клапанов (справа)

при сборке заведомо кривой (в прямом и переносном смысле) детали. Нарушение геометрии деталей всегда приводит к значительному росту нагрузок на них. При этом ухудшаются условия смазки, нарушается температурный режим работы деталей. В результате – быстрый износ, увеличение зазоров, и как следствие – стук.

Стук может возникать и в сопряжениях с нормальными зазорами. Такое случается при разрушении пленки масла между трущимися деталями в результате превышения допустимых нагрузок или недопустимого падения вязкости (разжижение масла различными жидкостями или от высокой температуры).

Известно, что слишком малые зазоры между сопрягаемыми деталями приводят к уже упомянутому росту нагрузок, температуры и ухудшению условий смазки. Сами по себе малые зазоры не образуются, при ремонте они чаще всего являются результатом стремления мотористов обеспечить в двигателе как можно более «плотные» соединения. Иногда стук данной категории может возникнуть и в результате эксплуатации перегретого двигателя, реже – вследствие производственных дефектов.

Стук при соприкосновении несопряженных деталей – последний и весьма редкий случай. Причина – сильная деформация одной из деталей. Например, гидроудар в цилиндре так «укорачивает» шатун, что поршень нижним краем юбки начинает задевать за противовесы коленвала в нижней мертвой точке. В ремонте также встречаются подобные проблемы – например, когда край окантовки прокладки головки свисает в цилиндр при нарушении ее центровки на блоке (если не поставлены центровочные втулки в блок или центровочные отверстия в прокладке оказались больше необходимых), а поршни чуть

выступают вверх над плоскостью блока. Помимо этого, неверная установка фаз газораспределения, особенно на дизелях, когда клапаны «немного» достают до поршней, также встречается, и довольно часто.

Очевидно, что, помимо характера стука и его изменения в зависимости от режима работы двигателя, правильно определить причину стука помогает анализ обстоятельств, при которых он впервые появился. Для этого исследователь не должен ограничиваться состоянием объекта на день осмотра – напротив, надо очень внимательно посмотреть, а не было ли в истории автомобиля каких-либо работ, которые могли



5.17. Типичная причина стука, несколько уменьшающегося при прогреве и увеличивающегося с ростом частоты вращения – сильный износ юбки поршня, когда при перекладке в мертвых точках происходят удары огневого пояса о цилиндр

повлиять на состояние двигателя, или каких-то жалоб водителя.

Некоторые стуки-«обманщики» создают иллюзию совершенно конкретного дефекта или повреждения, но на самом деле причина стука совершенно иная. Например, уже упомянутый стук гидротолкателей очень похож на стук шатунных вкладышей (и наоборот). Или такой пример: резкий стук под нагрузкой у дизеля очень похож на шатунный, а на самом деле неисправна топливная аппаратура. Еще случай: механик при сборке забыл затянуть болт шкива распредвала. Грохот, появившийся через некоторое время, был больше похож на стук коленвала, и только случайность может в подобном случае «спасти» двигатель от разборки. Стучать могут узлы, совсем далекие от коленвала, поршней и клапанов – например, шток вакуумного насоса или даже управляющий клапан системы рециркуляции выхлопных газов. Иной раз повреждение рабочей поверхности ручейкового приводного ремня может вызвать «стук коленвала» при контакте поврежденного участка со шкивами и роликами.

Подобных примеров множество. Но уже ясно, что многие «хитрые» причины у стучащего двигателя плохо вписываются в рамки каких-либо строгих схем диагностики. Поэтому большинство встречающихся на практике неисправностей под силу диагностировать только опытному персоналу СТО и не менее опытному эксперту-исследователю. Но здесь, как ни парадоксально, кроется еще одна сложность на пути к правильно поставленному диагнозу.

Некоторые аспекты определения причин стука

У автомобиля со стучащим двигателем могут быть два пути – на участок диагностики для последующего ремонта или на экспертное исследование, если имеет место спор между владельцем и дилером, продавшим автомобиль, или ремонтной организацией, выполнявшей ремонт. Вот здесь и возможны первые проблемы.

Например, первым шагом в определении причины стука является проведение диагностики системы управления. Но если автомобиль попал на диагностику, то не следует ждать, что она установит какие-то причины. Более того, многие диагносты по природе своей не мотористы, а электронщики. Что и неудивительно, ведь разбираться им приходится в основном именно в электронных системах управления двигателем.

Поскольку электронный блок или датчик – еще не двигатель, то самая большая практика диагностики и ремонта электронных систем никак не заменит практику моторного ремонта. Вот почему хороший «электронный» диагност может не назвать истинной причины стука. Как и исследователь-эксперт – если у него не было соответствующей практики. Даже вооруженный

стетоскопом (который, безусловно, у него есть), чтобы точнее определить источник стука.

Результат может быть непредсказуем – известны случаи, когда у автомобиля со стучащим двигателем в распечатке диагностики никаких кодов ошибок и отклонения параметров не обнаруживалось, и автомобиль выпускался с СТО как исправный. Или наоборот, совершенно исправный двигатель, в котором не было ни единой неисправности механической части, совершенно необоснованно разбирался полностью на основании каких-то невнятных кодов ошибок в системе управления.

А нужно, в общем-то, не так уж много – неисправности в механической части двигателя, в том числе такие их признаки, как стук, должен диагностировать моторист и/или исследователь, имеющий соответствующий опыт. Поэтому поставить правильный диагноз «стучащему» мотору смогут, скорее всего, только такие специалисты.

Поскольку причина стука неочевидна и может быть не выявлена безразборными методами, «приговорить» двигатель к сложным и дорогим, но ненужным работам – ремонту или разборке, в том числе при проведении экспертизы весьма просто. Однако грамотный специалист никогда не скажет, послушав двигатель: «это стучит поршень». Скорее всего, укажет вероятность той или иной неисправности – опыт практика обычно не допускает категоричности. И здесь появляется еще одна трудность работы со стуками двигателя.

Если исследуется застучавший двигатель, можно рассмотреть некоторый порядок действий, предусматривающий использование, в первую очередь, безразборных методов диагностики. Например, целесообразно начать с внешнего осмотра и проверки уровня масла, поскольку с недостатком подачи масла, в том числе из-за течей, чаще всего и связаны повреждения деталей, вызывающие стук.

Далее следует выяснить две вещи: усиливается ли стук под нагрузкой, и как быстро он прогрессирует по времени движения. Если ответы положительные, то скорее всего повреждены подшипники коленвала. Такой двигатель уже практически выведен из строя с перспективой сложного и дорогого капитального ремонта.

Разного рода «затихающие» стуки, как правило, не столь опасны. Некоторые из них (например, «холодный» стук поршня) могут проявляться в двигателе без видимых изменений не один десяток тысяч километров. Поэтому в определении причины главным фактором должна стать проверка увеличения интенсивности стука при изменении режимов работы двигателя.

Однако описанные безразборные методы далеко не всегда эффективны, поскольку определение причины стука такими методами является сложной работой, требующей высокой квалификации, а ее результат не всегда дает искомую причину. По-

этому во многих практических случаях встает вопрос о разборке двигателя. А разборка двигателя, очевидно, сама по себе дорогостоящая операция, многие современные двигатели для последующей сборки могут требовать значительное количество запасных частей, причем многие или хотя бы некоторые из которых потребуют и значительного времени поставки. То есть разборка двигателя всегда и неизбежно есть очень дорогостоящая работа.

Вместе с тем при исследовании стука речь идет о двигателе, находящемся еще в рабочем состоянии. То есть, если для уточнения причины стука может потребоваться разборка, то решение о ее проведении налагает на кого-то определенную ответственность за соответствующие затраты. А поскольку после разборки двигателя автомобиль станет невозможно использовать, то разборка двигателя с целью определения причины стука может с полным основанием считаться разрушающим методом диагностики. И если теперь представить, что причина стука двигателя при его разборке почему-то не найдена, вся ответственность за решение о разборке и фактическом выведении автомобиля из строя может лечь на лицо, принявшее такое решение (например, ремонтник или владелец автомобиля) или требовавшее принятия такого решения (например, исследователь-эксперт).

Следовательно, отношение к диагностике и экспертизе двигателя со стуком должно быть особенным. Необходимо учитывать определенный риск того, что при разборке причина стука не будет обнаружена, к примеру, вследствие того, что стук не связан с двигателем. И именно по этой причине не следует разбирать рабочий двигатель до тех пор, пока не будут полностью исчерпаны все средства безразборной диагностики.

В связи с этим представляется также целесообразным не «бросаться с головой в омут» полной разборки, а начинать с частичной разборки (например, со снятия поддона картера). Такая работа позволит при необходимости вернуть двигатель в исходное состояние без дополнительных затрат времени и денег.

Особенности определения причин стука различными способами

Прежде чем начинать какие-либо серьезные и дорогостоящие работы по определению причины стука в двигателе, особенно путем его разборки, необходимо ответить на вопрос о том, а есть ли на самом деле в двигателе этот самый стук или посторонний шум? Во многих случаях ответ на этот вроде бы очевидный вопрос определяет все дальнейшие действия. Более того, этот вопрос, как и ответ на него, на самом деле намного сложнее, чем кажется на первый взгляд.

Интересно, что данный вопрос напрямую связан и с другим не менее трудным вопросом: а каковы

критерии, по которым можно установить, действительно ли двигатель стучит и имеет в связи с этим какую-то серьезную неисправность, или это только «кажется» водителю, мотористу или исследователю?

И вот здесь кроется самая большая сложность во всей акустической диагностике двигателя. Таких критериев на сегодняшний день фактически не существует. Тот звук (стук), который слышат водитель, механик-моторист и исследователь, практически не поддается точному измерению, сравнительной оценке (будет ли он чем-то выходящим за допустимые пределы, и где эти пределы?) и оказывается чисто субъективным параметром, который каждый из слышащих может оценивать совершенно различным образом – от сильного до слабого или даже вообще отсутствующего.

С другой стороны, попытки измерения стука и сравнения его с какими-то нормативами для некоторых типов двигателей бессмысленны сразу по двум причинам – пока еще не существует методик, позволяющих выделить из общего шума двигателя внутреннего сгорания посторонний, а максимальный шум установлен стандартами только для грузовой и специальной техники и при условии 8-часового рабочего дня водителя-оператора, что, к примеру, для легковых автомобилей неприменимо.

И наконец, с третьей стороны, диагностическая аппаратура, которая могла бы применяться при акустической диагностике двигателя (шумомеры), на самом деле применяется не для двигателей, а для измерения общего шума, и не предназначена, как правило, для выделения каких-то характерных для стука частот спектра. В результате даже хорошо слышимый стук «размажется» в измерениях интенсивности шума и никак не будет отражен в их результатах.

При таких неприятных особенностях измерения шума решить проблему мог бы метод экспертных оценок – например, путем приглашения максимально возможного количества экспертов, которые в какой-то заранее разработанной анкете отмечали бы характер шума по некоей заранее выбранной шкале оценок. Однако такой способ в подавляющем большинстве практических случаев неоправданно сложен и дорог, вследствие чего его применение не всегда обосновано.

Отсюда следует, что стук, если он не связан с какими-то явными признаками неисправности, сам по себе, возможно, не является признаком такой неисправности и, соответственно, основанием для разборки двигателя. Или является, но при этом необходимо соблюдать меры предосторожности, в том числе выполнять разборку поэтапно, чтобы снизить риск необоснованных работ и затрат. То есть стук вполне может служить одним из второстепенных признаков неисправности, но принимать его основным и, тем более, единственным следует с крайней осторожностью.

Поскольку совокупность всех указанных обстоятельств делает в большинстве практических случаев исследование акустических признаков неисправности ДВС чисто субъективным делом, наличие или отсутствие неисправности, а также ее причина устанавливаются исключительно на основе личного опыта моториста или исследователя. Но если моторист, ошибочно разобрав двигатель, имеет возможность собрать его обратно своими руками и даже за свой счет, то исследователь-эксперт, настаивающий на разборке, в случае ошибки сам ничего собрать не сможет. В то же время нельзя забывать, что, как отмечено выше, разборка является разрушающим методом проведения исследования, поскольку после разборки двигателя автомобиль теряет все свои свойства, становясь неработоспособным.

Завершением исследования причин стука, очевидно, является определение конкретной пары деталей разобранного двигателя, которые были источником данного стука. Если стук является одним из второстепенных признаков неисправности, то такая пара, скорее всего, будет легко найдена осмотром и измерениями деталей. Напротив, если кроме стука, никаких неисправностей не выявлено, а стук имеет сравнительно слабый неявный характер, то в подавляющем большинстве случаев, даже разобрав двигатель полностью, источник найти не удастся. Тогда возникает вопрос – а зачем был разобран, а фактически разрушен, двигатель, и кто должен нести за это ответственность?

Это означает, что грамотный исследователь вряд ли возьмется за исследование стука, если эта работа может быть основана только на субъективных оценках стука и связана с риском необоснованной разборки, особенно для стуков, имеющих слабо выраженный характер. Тем не менее некоторые особо «грамотные» специалисты, не вполне осознавая сложность проблемы, с легкостью берутся за такие исследования, несколько не задумываясь о последствиях. А они понятны – исследования вряд ли можно считать целесообразными, а их результаты достоверными, если стук не подтвержден парой демонтированных деталей, состояние которых точно указывает на то, что они были источником стука.

5.2.2.2 Дымность

Дымность нередко является одним из сопутствующих признаков какой-то неисправности двигателя. Обычно картина из эксплуатации многих автомобилей выглядит так: после долгой стоянки и запуска водитель заметил, что из выхлопной трубы идет густой дым. Вполне возможно, что после прогрева он уменьшится, а при поездке и вовсе исчезнет. Но иногда бывает иначе – дымление продолжается и явно показывает, что в двигателе имеются какие-то неисправности, при этом долгое бездействие могло даже послужить своего рода толчком к их резкому проявлению. Причем

работа двигателя с повышенным дымлением часто сопровождается и другими отклонениями от нормы, хотя порой малозаметными. Их обязательно надо улавливать и отмечать, чтобы точнее оценить ситуацию.

Нередко появление дыма связано с неисправностями систем и узлов двигателя: системы управления (в основном топливоподачи), системы охлаждения, механической части (поршневая группа, распределительный механизм и т.д.). В соответствии с этим дым возникает из-за либо неполного или «неправильного» сгорания топлива, либо попадания охлаждающей жидкости в цилиндры, либо поступления туда большого количества масла. Присутствие масла, охлаждающей жидкости или излишнего топлива при сгорании в цилиндрах, а также нарушение процесса воспламенения и горения и придает характерный цвет выхлопным газам.

Если проанализировать возможные неисправности, то окажется, что во многих ситуациях дым может быть практически одинаков по цвету, но его причины будут разные. Или даже наоборот, неисправность в системе может вызвать дым разного цвета, причем цвет дыма может изменяться в зависимости от режимов работы двигателя, температуры и т.д. Помимо этого, неисправность одной системы, оказывающейся источником дымления, нередко возникает из-за повреждения другой.

Вот характерный пример: плохая работа системы охлаждения приводит к перегреву двигателя и, соответственно, повреждению цилиндров, поршней, поршневых колец. В результате масло попадает в цилиндры и вызывает дымление, однако его источник (повреждение цилиндропоршневой группы), по существу, вторичен и является следствием перегрева двигателя.

Если рассматривать дым как главный признак некоей неисправности, то не исключено, что придется выполнить массу ненужных работ и потратить много времени, прежде чем причина станет ясной. Более того, в некоторых случаях найти причину дымления будет вообще невозможно. Например, дымление при запуске и прогреве холодного двигателя тем сильнее, чем ниже температура окружающей среды. При температурах ниже -20°C дым вообще становится густым белым, иногда даже с сизым оттенком – явный признак какой-то неисправности! Но если начать поиск причины такой неисправности, то он может сильно затянуться. И скорее всего, даже ничем не закончиться.

Вот почему дымление является только сопутствующим, а не главным признаком неисправности, и позволяет скорее локализовать место неисправности (уточнить, в какой системе проблема), а вовсе не определить саму эту неисправность. В соответствии с этим и следует рассматривать дым как некую вспомогательную подсказку. Например, если густой белый дым сопровождается

трудностью запуска и падением мощности дизеля, то проблема в системе топливоподачи, а если с таким же дымом заметен уход охлаждающей жидкости, то причина в прогаре прокладки ГБЦ или даже в трещине в самой головке блока цилиндров.

Поэтому заниматься поиском причины дымления как таковой совершенно бессмысленно – необходимо искать причину некоей неисправности двигателя, сопоставляя факт дымления, как один из признаков этой неисправности, со всеми другими сопутствующими признаками, включая и цвет дыма. Действительно, основываясь на практике, можно различить цвета дыма из выхлопной трубы, который бывает и белым, и сизым, и черным, и любых промежуточных оттенков. Цвет дыма может служить достаточно важным диагностическим признаком, поэтому целесообразно рассматривать причины дымления, ориентируясь прежде всего именно на него – это позволяет сразу группировать вокруг цвета дыма соответствующие причины неисправности, а фактически сузить область поиска причин этой неисправности при диагностике и/или исследовании причины неисправности.

Белый дым

Белый дым из выхлопной трубы – вполне нормальное явление для режимов прогрева холодного двигателя. Только в большинстве случаев это не дым, а пар. Вода в парообразном состоянии – естественный продукт сгорания топлива. В нагретой выпускной системе этот пар частично конденсируется и становится видимым, причем на срезе выхлопной трубы обычно появляется вода в виде капель, разбрызгиваемых потоком отходящих газов.

По мере прогрева системы конденсация пара уменьшается. Чем холоднее окружающая среда, тем более плотным и белым получается пар. При температуре ниже -10°C белый пар образуется и на хорошо прогретом двигателе, а при морозе в $-20...25^{\circ}\text{C}$ приобретает густой белый цвет с сизым оттенком. На цвет и насыщенность пара влияет также влажность воздуха: чем она больше, тем пар гуще.

Белый дым в теплое время и на прогретом двигателе чаще всего связан с попаданием охлаждающей жидкости в цилиндры (например, через негерметичную прокладку головки блока). Вода, содержащаяся в охлаждающей жидкости, не успевает полностью испариться при сгорании топлива и образует довольно густой белый дым (на деле опять-таки пар). Его оттенок зависит от состава охлаждающей жидкости, погоды и освещенности на улице. Иной раз он выглядит сизым, напоминая «масляный» дым. Однако отличить водяной пар легко: он сразу рассеивается, а после «масляного» дыма в воздухе надолго остается синеватый туман.

Чтобы убедиться в неисправности именно системы охлаждения, потребуется ряд целевых проверок. Нетрудно уточнить, что из выхлопной трубы

действительно выбрасывается вода, а не масло. Для этого на хорошо прогретом двигателе временно закрывают отверстие выхлопной трубы листом бумаги. Капли воды с листа постепенно испарятся и не оставят явных жирных следов, да и на ощупь они не будут жирными.

Далее поиск надо согласовать с конструкцией двигателя. Жидкость может попадать в цилиндр вследствие не только повреждения прокладки, но и трещин в головке или блоке цилиндров. Все эти повреждения при работе двигателя вызывают попадание выхлопных газов в систему охлаждения (порой там даже образуется газовая пробка), что и служит основой для распознавания.

Если открыть пробку радиатора или расширительного бачка, легко заметить запах выхлопных газов и пленку масла на поверхности охлаждающей жидкости. Уровень жидкости при этом будет пониженным. Характерно, что в таких случаях после запуска холодного двигателя давление в системе охлаждения сразу повышается (что нетрудно ощутить рукой, сжав верхний шланг радиатора), быстро увеличивается и уровень жидкости в расширительном бачке. Причем этот уровень нестабилен, и в бачке можно заметить выход пузырей газа, иногда с периодическим выбросом охлаждающей жидкости из бачка.

Если двигатель остановить, то картина изменится. Жидкость через поврежденный участок прокладки начинает уходить в цилиндр. Постепенно она проходит через поршневые кольца и попадает в масло, в поддон картера. При последующем запуске масло с жидкостью перемешивается, образует эмульсию и меняет цвет – становится непрозрачным и более светлым. Циркулируя по системе смазки, такая эмульсия оставляет на крышке головки и пробке маслосливной горловины характерную пену светлого желто-коричневого цвета (такую пену не следует путать с естественным процессом конденсации паров на пробке при низких температурах).

Наличие эмульсии проверяют, вынув масляный щуп и открыв пробку горловины, но если трещина (или прогар) невелика, то никаких изменений может и не быть (случается, что масло остается чистым, хотя пена на пробке образуется). Напротив, если негерметичность в цилиндре существенна, то жидкость, накапливаясь над поршнем, даже препятствует провороту коленчатого вала стартером в первый момент при запуске. В особо тяжелых случаях возможны даже гидроудар в цилиндре, деформация и поломка шатуна.

Иногда удается локализовать место такой неисправности. Попадая в цилиндр, охлаждающая жидкость активно «чистит» все, с чем соприкасается, поэтому стенки камеры сгорания будут в этом цилиндре заметно чище, а свеча зажигания будет выглядеть совсем свежей. Если через отверстие свечи подать в цилиндр воздух под давлением (например, через переходник со шлангом или



5.18. Эмульсия на пробке маслоналивной горловины

специальный тестер утечек), то уровень жидкости в расширительном бачке даже может начать повышаться (при проверке необходимо повернуть коленчатый вал в положение, при котором оба клапана закрыты).

При наличии эмульсии в масле целесообразна частичная разборка двигателя, поскольку работать дальше двигатель с такой неисправностью уже не может. Тогда дальнейшие проверки возможны только после снятия головки блока. При этом следует оценить состояние прокладки (на ней ищутся места прогара), плоскостей головки и блока. Прогар прокладки часто сопровождается деформацией плоскости головки цилиндров, особенно если повреждению предшествовал перегрев двигателя (например, из-за течи, неисправности термостата, вентилятора или других причин).

Хуже, если явных неисправностей не найдено. Тогда необходимо проверить головку цилиндров на герметичность под давлением – наиболее вероятно, что на стенке камеры сгорания будет обнаружена трещина (чаще вблизи седла выпускного клапана). Следует также внимательно осмотреть цилиндр, опустив поршень в нижнюю мертвую точку. Трещина в цилиндре редкий «гость», но если она есть, обнаружить ее несложно – края трещины расходятся (стенки «дышат») и нередко проявляются вследствие полировки поршневыми кольцами.

Бывает также, что охлаждающая жидкость попадает в цилиндр через систему впуска – например, из-за негерметичности прокладки впускного коллектора (если она одновременно уплотняет и каналы подогрева коллектора охлаждающей жидкостью). В подобных случаях давление в системе охлаждения не повышается, запаха выхлопных газов в ней нет, но масло превращается в эмульсию, а уровень охлаждающей жидкости быстро убывает. Этих признаков, как правило, достаточно, чтобы найти причину неисправности и не спутать ее с описанной выше, иначе будет напрасно снята головка цилиндров.

Все неполадки, связанные с белым дымом из выхлопной трубы, требуют не только определения

прямых причин дымления. Поскольку неисправность часто связана или даже вызвана перегревом двигателя, то следует проверить наличие неисправности в системе охлаждения – возможно, не работает должным образом термостат, неисправен температурный датчик или сам вентилятор, негерметичен радиатор, его пробка, шланги или соединения.

Если белый дым и сопутствующие ему признаки замечены, то эксплуатировать автомобиль нельзя, поскольку неисправность будет быстро прогрессировать, а работа двигателя на водомасляной эмульсии резко ускорит износ деталей. При этом важно помнить, что причина такой неисправности может быть установлена предварительно по совокупности имеющихся признаков, а далее локализована и уточнена при частичной разборке двигателя.

Синий или сизый дым

Основная причина появления синего дыма – попадание масла в цилиндры двигателя. «Масляный» дым может иметь различные оттенки – от прозрачного голубого до густого бело-синего, что зависит от режима работы двигателя, степени его прогрева и количества масла, поступающего в цилиндры, а также освещенности и других факторов. Характерно, что масляный дым, в отличие от пара, не рассеивается в воздухе быстро, а упомянутый выше тест с бумагой дает жирные капли, вылетающие из трубы вместе с выхлопными газами.

Очевидно также, что масляный дым сопровождается повышенным потреблением масла. Так, при расходе масла около 0,5 л/1000 км сизый дым появляется в основном на переходных режимах, а при достижении расхода 1,0 л/1000 км – и на режимах равномерного движения. Кстати, в последнем случае на переходных режимах масляный дым становится густым сине-белым. Правда, надо помнить о возможном влиянии каталитического нейтрализатора, который на некоторых режимах способен очищать выхлопные газы от масла даже при достаточно больших его расходах (до 1,0–1,5 л/1000 км).

Масло в цилиндры (точнее, в камеры сгорания) попадает тремя путями – либо снизу, через поршневые кольца, либо сверху, через зазоры между стержнями клапанов и направляющими втулками, а также через систему вентиляции и впускную систему. И причин этому – огромное количество.

Например, износ деталей цилиндропоршневой группы – одна из самых распространенных причин появления масляного дыма. У верхних компрессионных колец наблюдается износ не только по наружной поверхности, контактирующей с цилиндром, но и по торцевым плоскостям, воспринимающим давление газов в цилиндре. Могут быть изношены и канавки этих колец в поршнях. Большие зазоры колец в канавках создают насосный эффект, когда колебание кольца в канавке вызывает подкачивание масла из картера в цилиндр. Причем даже если маслосъемные кольца еще в норме, масло все равно поступает в цилиндры, поскольку верхние кольца непрерывно «подкачивают» его снизу вверх.

Цилиндры более всего изнашиваются в зоне остановки верхнего кольца при положении поршня в верхней мертвой точке, а в средней части нередко приобретают овальную форму. Отклонение формы цилиндра от исходной окружности и общий износ рабочих поверхностей ухудшает уплотнительные свойства колец – вблизи их замков обычно образуются просветы, но не исключено их появление и в других местах окружности.

Нередки случаи, когда при сравнительно приличном состоянии колец и поршней повреждается поверхность цилиндра. Это бывает, например, при плохой фильтрации масла или воздуха, когда между юбкой поршня или кольцами и цилиндром попадают абразивные частицы. Тогда на цилиндре возникают царапины.

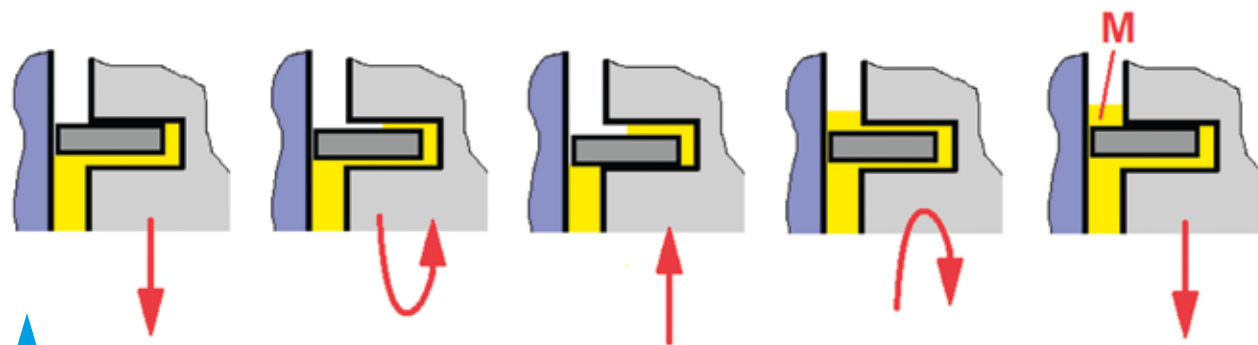
Аналогичная ситуация реальна и после долгой стоянки автомобиля, когда на поверхности цилиндров и колец могут появиться очаги коррозии. Тогда потребуется значительное время на сглаживание этих повреждений и взаимную приработку деталей (если они вообще смогут приработаться). Тот же эффект часто возникает при нарушении

технологии ремонта двигателя, если поверхность отремонтированного цилиндра слишком грубая, или цилиндр имеет неправильную форму, либо же поршни или поршневые кольца имеют какой-то дефект и/или повреждены при сборке. В подобных случаях, как правило, вообще нельзя рассчитывать на нормальную приработку.

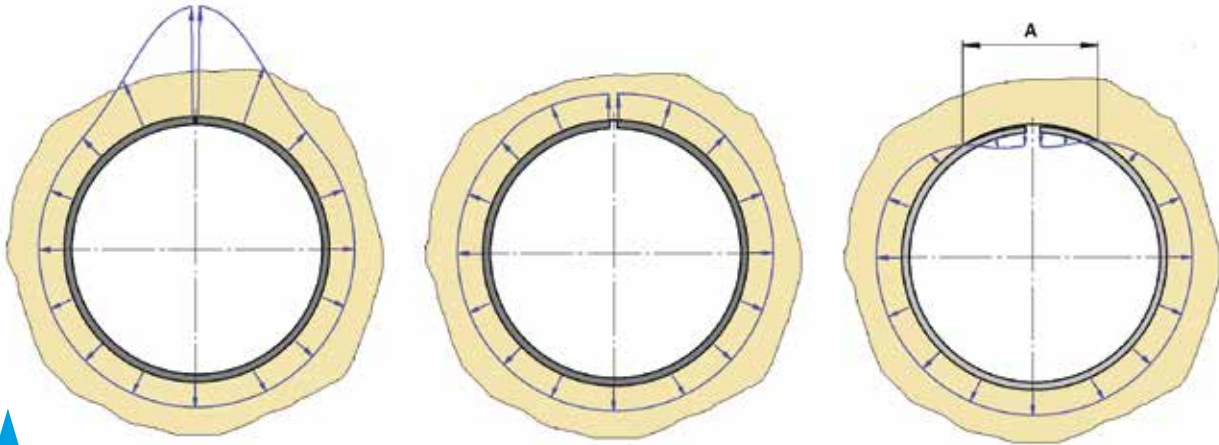
Износ деталей цилиндропоршневой группы нередко сопровождается потерей компрессии и повышением давления картерных газов, что определяют соответствующими приборами (компрессометр, тестер утечек и др.). Однако следует помнить, что большое количество масла, поступающего в цилиндры, хорошо уплотняет зазоры в сопряженных деталях. И если они не слишком велики, то результат измерения компрессии может быть вполне нормальным, иногда даже ближе к верхнему пределу. Именно это обстоятельство нередко запутывает поиск конкретной причины синего масляного дыма.

Еще одно замечание о характерных обстоятельствах. Когда больших износов деталей нет, то синий или сине-белый дым явно наблюдается только при прогреве двигателя, постепенно уменьшаясь и даже исчезая. Причина проста: нагреваясь, детали приобретают форму и занимают место, при которых они лучше прилегают друг к другу. При чрезмерно большом износе картина обратная: дым на прогретом двигателе усиливается, так как горячему маслу, имеющему малую вязкость, легче попасть в цилиндр через изношенные детали.

Следует помнить, что даже приблизительно без полной разборки двигателя и тщательных измерений деталей выявить причину расходов масла нельзя. При этом трудности в поиске причины расхода масла обратно пропорциональны величине его расхода. Так, если расход масла меньше некоего порогового значения, то установить причину такого малого расхода практически невозможно даже самыми тщательными измерениями. Вот почему не рекомендуется проводить такие «поиски», если расход масла меньше 0,3–0,4 л на 1000 км (что для большинства двигателей является еще нормой).



5.19. Насосный эффект при большом износе/зазоре кольца в канавке (слева направо) – при движении поршня вниз на такте впуска кольцо прижимается к верхнему торцу канавки, а при изменении направления движения поршня кольцо выжимает масло из зазора в направлении вверх: М – количество масла, поступившего в цилиндр за такт



5.20. Характер изменения давления кольца на стенку цилиндра (слева направо): новое кольцо, длительно работавшее кольцо, полностью изношенное кольцо, А – участок неприлегания кольца к цилиндру (зазор)

Однако намного легче определить причину неисправности, которая дает сизый дым, т.е. связана с более серьезными повреждениями или даже поломками деталей. Так, детонация обычно приводит к поломке перемычек между кольцами на поршнях, реже – к поломке самих колец. Сильный перегрев двигателя вызывает деформацию юбок поршней и самих цилиндров, образуется большой зазор между поршнем и цилиндром. Если поршень имеет большой зазор в цилиндре, то при прохождении мертвых точек перекладка поршня может нарушить работу колец. Тот же результат возможен при деформации шатуна или, например, из-за гидроудара при попадании воды в цилиндр.

Применение некачественного масла или топлива может вызвать пригорание и залегание колец в канавках поршня. А вследствие длительной работы поврежденных деталей возможен их перегрев, в результате которого кольца могут быть просто завальцованы в канавках с полной потерей подвижности.

Все эти повреждения еще будут подробно рассмотрены ниже, но важно то, что обычно они возникают не во всех цилиндрах сразу. Найти неисправный цилиндр нетрудно, сравнив состояние свечей зажигания и значение компрессии в разных цилиндрах. Более того, подобным повреждениям часто сопутствуют разного рода посторонние шумы и стуки, изменяющиеся с оборотами, нагрузкой и степенью прогрева двигателя, а также неустойчивая работа двигателя из-за отключения цилиндров (особенно при холодном пуске).

Распространенная группа неисправностей, вызывающих масляный дым и расход масла, связана с износом стержней клапанов и направляющих втулок, а также износом, механическими повреждениями и старением (потерей эластичности) маслосъемных колпачков. Эти неисправности, как правило, дают заметное увеличение дымления двигателя по мере прогрева, поскольку разжиженное горячее масло гораздо легче проходит через зазоры между изношенными деталями. Кроме

того, попадание масла в цилиндры усиливается на холостом ходу и в режиме торможения двигателем. На этих режимах во впускном коллекторе возникает большое разрежение, и масло течет по стержням клапанов под действием перепада давления, накапливаясь на стенках деталей и в выхлопной системе. Последующее открытие дроссельной заслонки в первый момент резко усиливает густоту сизого масляного дыма.

У двигателей с турбонаддувом расход масла, сопровождаемый сизым дымом, возможен и из-за неисправности турбокомпрессора, в частности износа подшипников и уплотнений ротора. Износ уплотнения подшипника компрессора дает картину, похожую на выход из строя маслосъемных колпачков (включая масляный нагар на свечах), но при этом во входном патрубке компрессора собирается характерная лужица масла. Неисправность уплотнения ротора со стороны турбины определить сложнее, поскольку масло поступает непосредственно в выхлопную систему и там догорает.

В эксплуатации сизый дым и расход масла нередко появляются при отключении одного из



5.21. Пример полного коксования поршневых колец вследствие применения несоответствующего двигателю масла

цилиндров из-за неисправности зажигания или при негерметичности клапанов. В последнем случае дым становится бело-голубым, особенно если клапан имеет прогар. Такой вид повреждения определяется без труда – компрессия в этом цилиндре незначительна или вообще отсутствует, а на свече появляется обильный черный нагар, часто в виде наростов.

В прошлом встречались и довольно экзотические неисправности, вызывающие сизый масляный дым. Так, у старых автоматических коробок передач с вакуумным датчиком нагрузки иногда наблюдался разрыв мембраны регулятора. Поскольку ее полость соединена шлангом со впускным коллектором, то двигатель попросту начинал высасывать масло из коробки передач. Как правило, масло поступает только в те цилиндры, около которых в коллекторе сделан отбор вакуума. При этом возможен заброс свечей и разбрызгивание масла из свечных отверстий. Несмотря на «экзотичность», неисправность была легко выявлена по цвету самого масла, выбрасываемого из цилиндров.

У дизелей появление сизого дыма может быть связано не только с износом ЦПГ, но и с неисправностью топливной аппаратуры, причем дымление такого рода обычно вызывается нарушением процесса горения. Однако такое же нарушение сгорания возможно и при нормальной работе топливной аппаратуры, но неисправности в других системах двигателя, в том числе при низкой компрессии, неисправности свечи накаливания, неправильно установленных фазах газораспределения и других причинах. Отделить эти причины от неисправности топливной аппаратуры только обычными средствами диагностики и внешним осмотром двигателя и/или его деталей далеко не всегда возможно. В результате распространенным способом действий при дымлении дизелей является предварительная проверка состояния топливной аппаратуры (форсунки и насос) как наиболее подверженных воздействию неблагоприятных эксплуатационных факторов, и только после этой проверки, в случае отсутствия неисправностей, имеет смысл переходить к изучению других возможных причин.

Дымление сизым дымом и расход масла нередко связаны друг с другом, более того, дымление является и следствием расхода масла и его признаком. Однако поскольку дымление может иметь сезонный характер и не быть прямо связанным с неисправностью двигателя, более важную и даже определяющую роль при диагностике состояния двигателя имеет расход масла.

Черный дым

Черный дым из выхлопной трубы свидетельствует о переобогащении топливо-воздушной смеси и, следовательно, о неисправностях в системе топливоподачи. Такой дым обычно хорошо про-

сматривается на светлом фоне за автомобилем и представляет собой частички сажи – продукты неполного сгорания топлива.

Черный дым часто сопровождается большим расходом топлива, плохим запуском, неустойчивой работой двигателя, высокой токсичностью выхлопных газов, а нередко и потерей мощности из-за неоптимального состава топливовоздушной смеси.

У бензиновых двигателей с электронным впрыском топлива переобогащение смеси появляется, как правило, при неисправности и отказах различных датчиков (кислорода, расхода воздуха и др.), а также при негерметичности форсунок. Последний случай несет опасность гидроудара в цилиндре при запуске, хотя на практике встречается редко и только у старых двигателей. Суть в том, что через неисправную форсунку на неработающем двигателе в цилиндр может вытечь топливо, которое не позволит поршню подойти к верхней мертвой точке при последующем запуске (если такой запуск будет выполнен за время, пока топливо, поступившее в цилиндр, еще не успело уйти через поршневые кольца в поддон картера).

У дизелей черный дым иногда появляется не только при нарушениях в работе элементов топливоподающей аппаратуры, но и при нарушении установки опережения впрыска (фаз газораспределения). Кроме того, у дизелей с системой подачи Common Rail черный дым также может быть следствием износа насоса высокого давления и форсунок.

В дизельном двигателе автомобиля-внедорожника после пробега 60 тыс. км появился дым черного цвета, о чем владелец пожаловался дилеру. Диагностика на дилерской СТО показала наличие кода ошибки одной из форсунок. Тем не менее после ее замены жалобы владельца на дымление продолжались, через несколько тысяч километров пробега в двигателе появился стук, увеличился расход топлива. После замены ТНВД и всех форсунок дым стал меньше, но затем увеличился вновь.

При исследовании автомобиля в рамках судебной экспертизы выяснилось, что автомобиль вообще не проходил надлежащего технического обслуживания за все время эксплуатации (владелец считал, что замены масла и масляного фильтра для ТО достаточно), а при заправке автомобиля использовалось загрязненное топливо. Это привело к абразивному износу ТНВД и форсунок, но последующая замена этих элементов топливной системы была выполнена некачественно – из системы не только не была удалена стружка, но и не был заменен топливный фильтр. В результате новые, только что установленные узлы также оказались повреждены, и дымление двигателя продолжилось.



5.22. Металлическая стружка в стакане заборника топлива (слева) и в углублениях корпуса топливного фильтра (справа) – не только следствие износа элементов топливной системы, но и признак, указывающий на возможное дымление двигателя черным дымом

В некоторых случаях причины и признаки дымления и сопутствующих ему неисправностей у бензиновых и дизельных двигателей близки. Так, общим для режимов работы на переобогащенной смеси является повышенный износ и даже задиры деталей цилиндропоршневой группы, поскольку избыточное топливо смывает масло со стенок цилиндров и ухудшает смазку. Это закономерным образом приводит к повышенному расходу масла и дымлению.

Кроме того, топливо попадает в масло и разжижает его, ухудшая условия смазки и других сопряженных деталей двигателя. В некоторых случаях это разжижение настолько велико, что уровень масла в картере (точнее, смеси масла с топливом) заметно повышается, а разбавленное масло приобретает отчетливый запах топлива.

В целом, если обобщить вышесказанное, то можно указать следующие главные особенности диагностики дымления. Дым сам по себе, хотя и важный, но нередко только лишь дополнительный признак неисправности, наличие которого, так же как и стука, помогает и облегчает поиск и локализацию ее причины. Очевидно, что эксплуатация двигателя с неисправностью, где дым уже появился как один из ее признаков, скорее всего, быстро приведет к новым, куда более серьезным неприятностям. Но попытка сделать дымность главной или даже единственной неисправностью двигателя несет риск большой потери времени и средств на безрезультатные поиски причины, о чем следует одинаково хорошо помнить и мотористам, и исследователям-экспертам.

5.2.2.3 Признаки повышенного расхода масла и его причины

Общий расход масла двигателя состоит в основном из расхода масла, поступающего в цилиндры и сжигаемого в камерах сгорания, и потерь масла вследствие негерметичности уплотнений.

В некоторых источниках утверждается, что вопреки господствующему и широко распространенному мнению о серьезности проблемы расхода

масла в ДВС эксплуатационный расход масла, попадающего в цилиндры через поршневые кольца, сегодня играет лишь второстепенную роль. Причина в том, что благодаря постоянному усовершенствованию двигателей постепенно удалось также усовершенствовать и конструкцию деталей, состав материалов и технологические процессы производства. В результате эксплуатационный износ цилиндров, поршней и поршневых колец и вытекающий из этого расход масла сегодня можно считать величиной, достаточно малой для того, чтобы ее можно было не учитывать.

Тем не менее расход масла, поступающего из картера в камеру сгорания через зазоры между поршневыми кольцами и стенкой цилиндра, невозможно полностью исключить, его можно лишь свести к минимуму. Причина, по которой в нормально работающем двигателе расход масла всегда присутствует (даже если он явно не виден за мерный отрезок пробега), понятна – сопряженные пары трения, например, поршни, поршневые кольца и рабочая поверхность цилиндра всегда требуют постоянной смазки для нормальной эксплуатации. Однако во время сгорания топлива масляная пленка, остающаяся на стенках деталей, подвергается воздействию высоких температур, в результате чего определенное количество моторного масла неизбежно сжигается, что и определяет его расход. Причем в некоторых случаях расход масла может повышаться, а иногда и значительно, что может быть признаком каких-то неисправностей двигателя.

Какой расход масла считать повышенным?

Граничная величина расхода масла, по которой можно было бы оценить, имеет ли двигатель нормальное состояние или расход масла уже стал чрезмерным, для разных типов двигателей различно. Так, например, для двигателей грузовых автомобилей и силовой техники принято учитывать связь расхода масла с мощностью двигателя – чем выше мощность, тем, очевидно, больше размеры

двигателя и больше расход масла. Ориентировочно можно сказать, что нормальный расход масла колеблется от 0,2 до 1,5 г/кВт·ч. Для двигателей легковых автомобилей принято указывать расход масла на 1000 км пробега, при этом разные производители обычно определяют максимальный расход масла в пределах 0,5–1,0 л на 1000 км.

Превышение расхода масла над указанным – верный признак наличия в двигателе неисправностей – износа или повреждения деталей, определяющих расход масла. Это цилиндропоршневая группа, клапанный механизм, система вентиляции, турбокомпрессор и, в некоторых конструкциях двигателей, другие агрегаты, включенные в систему смазки двигателя. При этом расход масла не только является признаком неисправности, но и сам, в свою очередь, может вызвать неисправности.

Расход масла в двигателях легковых автомобилей можно условно разбить на несколько диапазонов, в зависимости от его величины. Так, согласно опыту эксплуатации и ремонта большого числа двигателей, идеальным состоянием двигателя является такое, при котором даже в случае отсутствия контроля за уровнем масла со стороны водителя (а нередко это так и происходит) уровень падает от максимума до минимума за межсервисный пробег. При среднем значении межсервисного пробега 10 тыс. км это соответствует 0,1 л на 1000 км, что практически можно считать минимально возможным расходом масла.

Если расход масла больше 0,1 л, но менее 0,3 л на 1000 км – это малое значение расхода масла, не требующее какого-либо вмешательства в двигатель. Более того, практика показывает, что попытки найти и устранить причину такого малого расхода практически обречены на провал – выявить даже самыми тщательными измерениями деталей, почему расход составляет 0,3 л, а не 0,1 л, невозможно.

При 0,3–0,5 л масла на 1000 км расход еще в пределах нормального, но от водителя уже требуется повышенная внимательность в эксплуатации, что при большой интенсивности эксплуатации может представлять определенные неудобства. Практика показывает, что выполнение каких-либо ремонтных работ при таком расходе нецелесообразно, однако некоторые диагностические работы (например, эндоскопия полости цилиндра) могут локализовать место поступления масла в цилиндры.

Дальнейшее увеличение расхода масла свыше 0,5 л на 1000 км, и особенно свыше 0,7–0,8 л на 1000 км, однозначно имеет причину в виде износа и/или повреждения конкретных деталей, такое повреждение может быть найдено при диагностике и последующей разборке и дефектовке двигателя.

Очевидно, большой расход масла вызывает постепенное падение уровня масла в системе смазки (в поддоне картера), что можно увидеть

при своевременной проверке уровня с помощью масломерного щупа или, у современных двигателей, при срабатывании сигнализатора уровня масла. Но не всегда при большом расходе масла водитель, особенно привыкший к его отсутствию, своевременно выполняет проверку уровня. В результате, если уровень масла падает значительно ниже минимально допустимого, возможно нарушение подачи и возникновение режима масляного голодания в трущихся парах, в первую очередь в подшипниках. Конечным итогом этого будет повреждение и разрушение подшипников с последующим выходом двигателя из строя.

Обычно разница в количестве масла в двигателе легкового автомобиля, соответствующая меткам «MAX» и «MIN» на масломерном щупе, составляет около 0,9–1 л (наиболее часто наблюдается на практике для большинства двигателей многих производителей). При этом уменьшение уровня масла ниже отметки «MIN» недопустимо, поскольку на определенных режимах (например, движение на непрогретом двигателе с большим ускорением или замедлением) это может вызвать кратковременное падение давления масла в результате захватывания воздуха маслоприемником. При нехватке 1,5–2 л уровень масла становится чрезмерно низким и представляет реальную опасность для двигателя, поскольку режимы падения давления масла становятся затяжными и достаточными для повреждения деталей.

Таким образом, расход масла по-прежнему является важным параметром не только как признак технического состояния двигателя, но и как возможная причина дальнейших повреждений. При этом износ поршней, поршневых колец и цилиндров и вытекающий из этого повышенный или даже чрезмерный расход масла в большинстве случаев, за редким исключением, вызван различными нештатными внешними воздействиями, причем имеется тесная взаимосвязь различных процессов в двигателе. Например, любые нарушения режима сгорания из-за повреждений в системе топливоподачи, загрязнения, попадающие в двигатель извне, недостаточное охлаждение двигателя, недостаточная смазка или применение неподходящих марок масла в общем случае вызывают нарушение смазки, повреждения, ускоренный абразивный износ деталей и являются причинами повышенного расхода масла.

Общая характеристика причин, признаков и последствий увеличения расхода масла

Причины и признаки чрезмерного расхода масла в ДВС в целом весьма многочисленны, что на практике нередко вызывает серьезные трудности у исследователей. В настоящее время в диагностике расхода масла накоплен достаточно большой опыт, что позволяет не только сформулировать общие принципы исследования, но и дать кон-

критические рекомендации по выявлению причин повышенного расхода масла.

Исходя из практики эксплуатации и ремонта большого количества ДВС разных типов можно указать следующие наиболее общие причины повышенного расхода масла:

- 1) естественный износ трущихся пар двигателя при больших пробегах, включающих все виды процессов износа и старения;
- 2) ускоренный абразивный износ трущихся пар при нарушении фильтрации воздуха, масла и/или топлива;
- 3) ускоренный износ и повреждения трущихся пар из-за нарушения смазки по различным причинам;
- 4) применение некачественных и/или не соответствующих двигателю масла и/или топлива;
- 5) некачественно выполненные ремонтные работы, применение некачественных или не соответствующих двигателю запасных частей при ремонте или установка в двигатель некачественных деталей на заводе-изготовителе;
- 6) повреждение трущихся пар посторонними предметами при обслуживании и/или ремонте, повреждение деталей при сборке вследствие нарушения технологии ремонта или производства.

На предварительной стадии исследования неисправности двигателя, когда выделены лишь наиболее общие причины, необходимо правильно выбрать направление исследования. Поэтому следует рассмотреть и некоторые особенности каждой из указанных причин.

Так, естественный износ трущихся пар двигателя при больших пробегах обычно приводит не только к потере герметичности сопряжения изношенных поверхностей, но и к изменению характеристик материалов. Например, изношенные поршневые кольца могут иметь не только большие просветы у замка, определяющие прорыв газов и масла, но и пониженную упругость, а в изношенных направляющих втулках стержни клапанов получают дополнительный люфт, при котором маслосъемные колпачки из состарившейся и затвердевшей резины уже не способны обеспечить нужное уплотнение стержня клапана. К этому можно добавить и повышенные зазоры в подшипниках валов, а также возможную деформацию валов (биение), что не позволяет обеспечить уплотнение с помощью таких же состарившихся сальников. Здесь же следует указать деформацию сопрягаемых поверхностей фланцев и старение прокладок, что также ведет к потере герметичности.

Неисправность узлов, в том числе уплотнений агрегатов, включенных в общую систему смазки ДВС (может происходить как следствие неисправностей самого двигателя), также может вызвать расход масла. Известной причиной этого является неисправность вакуумного насоса, используемого для обеспечения работоспособности вакуумного

усилителя тормозной системы. Действительно, поврежденная мембрана вакуумного насоса, в которой при длительной эксплуатации возникла трещина, может привести к попаданию моторного масла в вакуумную систему.

Смазка движущихся деталей некоторых типов ТНВД дизельных двигателей, например, рядного ТНВД, также осуществляется, как правило, от масляной системы двигателя. В случае износа деталей ТНВД при движении поршней насоса вниз (от ВМТ в НМТ) моторное масло проникает между цилиндром и поршнем насоса в рабочие полости элементов насоса, где может перемешиваться с дизельным топливом и далее вместе с ним впрыскиваться и сгорать в камере сгорания, вызывая расход масла.

Другой распространенной причиной большого расхода масла являются неисправности турбокомпрессора, в том числе износ или слишком большой зазор в подшипниках. Износ подшипников (и уплотнений) ротора возникает, как правило, в результате большого пробега двигателя, загрязненного и/или несоответствующего моторного масла или недостаточной его подачи. При износе подшипников работа уплотнений ротора нарушается из-за большого зазора, вследствие чего масло из подшипников выдавливается в полость компрессора и сгорает в камере сгорания.

Не менее известной проблемой является отложение нагара в обратной масляной магистрали («обратке») турбокомпрессора. Если температура масла в обратной магистрали от турбоагрегата к блоку двигателя слишком высока, то происходит нагарообразование масла в линии. Причиной такого перегрева может быть не соответствующее двигателю качество масла или недостаточное его охлаждение, а также неправильно проложенные обратные магистрали, проходящие, например, слишком близко к выпускному коллектору, причем неизолированные трубопроводы или неправильно установленная теплоизоляция также могут привести к нежелательному перегреву.

В результате нагарообразования в обратной магистрали затрудняется сток масла в масляный картер ДВС и тем самым создается высокое давление масла в подшипниках турбокомпрессора, что приводит к утечкам масла из подшипников в полости рабочих колес компрессора и турбины. Попавшее в систему впуска масло поступает вместе с воздухом в цилиндры и сгорает, определяя тем самым расход масла.

Основные источники потерь масла

Рассматривая в целом процессы износа и старения, вызывающие повышенный расход масла, следует отметить, что указанные причины представляют собой определенные процессы и события, прямо связанные с конкретными повреждениями в двигателе. При этом, чтобы правильно понимать суть вопроса, необходимо вначале дать общую

характеристику таким повреждениям, которые вызывают потери масла. Действительно, в общем случае у старого двигателя масло может теряться сразу пятью потоками:

- 1) через нарушенное уплотнение поршневых колец;
- 2) через нарушенное уплотнение сальников стержней клапанов и зазор между стержнем и направляющей клапана – течь масла во впускную систему и далее в цилиндр или сразу на выпуск;
- 3) через систему вентиляции вследствие неисправности в системе, вызывающей повышенное давление в картере (давление в картере также может быть увеличено вследствие нарушения уплотнительных свойств поршневых колец) – течь масла во впускную систему;
- 4) через негерметичные уплотнения, в том числе, прокладки фланцевых соединений и сальники валов (может быть следствием повышенного давления в картере) – течь масла из двигателя наружу непосредственно в окружающую среду;
- 5) через изношенные уплотнения неисправных узлов и агрегатов, в том числе, уплотнения агрегатов, включенных в общую систему смазки ДВС (может происходить как следствие неисправностей самого двигателя) – течь масла на впуск и/или на выпуск (турбокомпрессор, вакуумный насос, ТНВД).

Указанные источники потерь масла универсальны в том смысле, что всегда и при всех известных случаях повышенного расхода масла хотя бы в одном из указанных источников находится причина повышенного расхода – независимо от каких-либо еще факторов, фактов и/или мнения исследователя, задача которого – правильно найти источник потерь масла и правильно установить причину, которая привела к данному состоянию.

Очевидно, любой из указанных видов повреждений, вызывающих потери масла, имеет много различных вариантов, которые необходимо знать, чтобы правильно применить в практике исследования. Так, нарушение уплотнительных свойств поршневых колец имеет комплексный характер в том смысле, что может быть вызвано как износом и/или повреждением только самых колец, цилиндра, поршня, в том числе канавок под кольца в отдельности, так и сразу нескольких из указанных деталей. Понятно, что износ и/или повреждение деталей цилиндропоршневой группы влияет на расход масла непосредственным образом. К таким случаям относится не только износ, но и поломки колец, перемычек на поршнях от детонации, задиры на цилиндрах от перегрева и/или недостатка смазки и т.д. Каждая из этих причин имеет свои собственные особенности и признаки.

Нередко считается, что на расход масла наиболее влияет состояние поршневых колец, однако практика показывает, что важна не одна отдельная деталь (кольцо), а характер и качество ее сопряжения с ответными деталями – с цилин-

дром и с канавкой на поршне, поскольку любое нарушение сопряжения вызывает сразу несколько взаимосвязанных процессов, определяющих увеличение расхода масла. Тем не менее поршневые кольца, выполняющие задачи уплотнения полости цилиндра и отвода тепла от поршня, являются наиболее важными конструктивными элементами двигателя. Если правильное функционирование поршневых колец нарушено из-за повреждения или износа по любой причине, они не могут выполнять свою функцию герметизации или могут выполнять ее только частично. В результате масло не только не снимается со стенок цилиндра, но и дополнительно подкачивается в цилиндр из картера и, таким образом, попадает в камеру сгорания, где оно сжигается. Если же вследствие потери уплотнительных свойств колец возникает нарушение режима сгорания, то следует ожидать пропусков воспламенения и разбавления масла топливом.

Потери масла через нарушенное уплотнение поршневых колец имеет несколько составляющих:

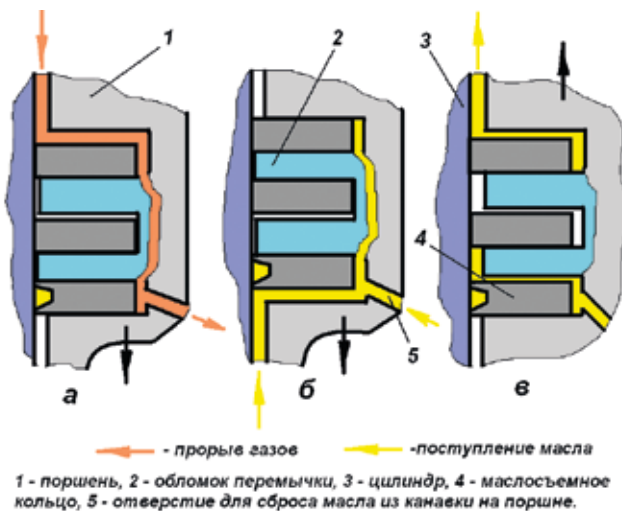
- а) поступление масла из картера в цилиндр – процесс, достаточно подробно описанный во многих источниках. Сюда же относится упомянутый выше насосный эффект, под действием которого масло непосредственно закачивается из картера в цилиндр. Несколько иначе идет этот процесс при поломке перемычек на поршне, хотя все закономерности насосного эффекта сохраняются и в этом случае;
- б) избыточное давление в картере – вызывается прорывом газов из цилиндров в картер. Вообще это естественный процесс, поскольку никакие поршневые кольца не обеспечивают 100%-й герметичности. При этом продукты сгорания неизбежно попадают в картер двигателя. Но если в результате износа и/или повреждения поршней, колец и цилиндров прорыв газов в картер становится заметно выше обычного, то давление в картере двигателя может увеличиться.

Прямое следствие высокого давления в картере – выдавливание картерных газов во впускную систему через систему вентиляции, при котором картерные газы захватывают капли масла, что приводит к дополнительному расходу масла (кстати, такой же эффект может возникнуть у в целом исправного двигателя при возникновении неисправности клапана системы вентиляции PCV (positive crankcase ventilation – принудительная вентиляция картера) или загрязнения системы нагаром).

Действительно, из практики хорошо известно, что масло может поступать во впуск из системы вентиляции вместе с потоком картерных газов. Данный процесс зависит напрямую от количества картерных газов, определяемого давлением в картере. При нормальном состоянии двигателя давление в картере сравнительно невелико,



5.23. Поломка перемычек на поршне от детонации (слева) – типичная причина большого расхода масла, вызванного насосным эффектом при работе поршневого кольца в сопряжении с разрушенной перемычкой (справа)



и имеющегося в конструкции системы вентиляции маслоотделителя достаточно для того, чтобы практически полностью отделить масло от картерных газов, сбросить масло обратно в картер и тем самым исключить его выброс во впуск.

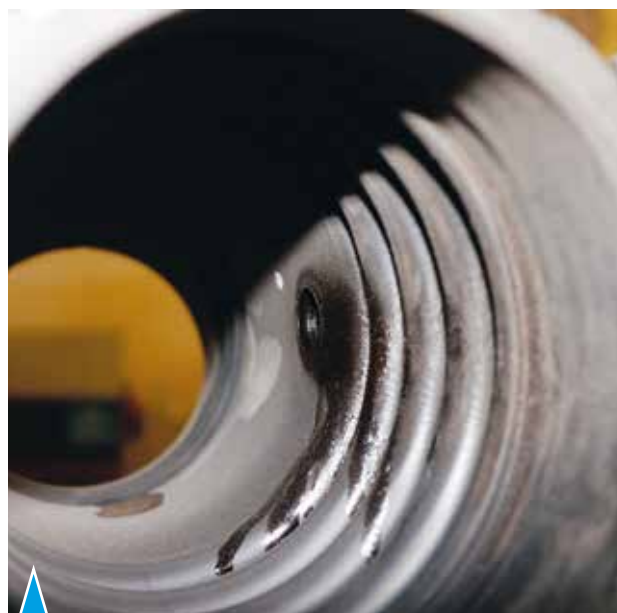
По мере роста давления в картере поток картерных газов во впуск увеличивается, и при определенных условиях маслоотделитель перестает полностью отделять масло от выходящих во впуск картерных газов. Попадая во впускной трубопровод и далее через дроссельную заслонку во впускной коллектор, масло распределяется равномерно по всем цилиндрам и вызывает как повышенный расход масла в двигателе в целом, так и повышенное нагарообразование на днищах всех поршней и стенках камер сгорания, а также на впускных клапанах.

Несмотря на то что в последние годы появились рекомендации, какое давление в картере считать нормальным, а какое чрезмерным, этот вопрос пока остается открытым, поскольку сильно зависит от конструкции двигателя. В соответствии с этим рассматривать количественные данные по давлению в картере не вполне корректно, поскольку их достоверность до конца не подтверждена. Хотя в качественном отношении картина понятна.

Следует отметить, что прорыв газов через нарушенное уплотнение поршневых колец из цилиндра в картер при сгорании топлива в цилиндре всегда непосредственно связан и с поступлением масла в обратном направлении – из картера в цилиндр на такте впуска, когда в цилиндре возникает разрежение. Это подтверждается известным из практики фактом, что нарушение уплотнительных свойств компрессионных поршневых колец также всегда вызывает и повышенный расход масла в двигателе.

Помимо этого, под действием большого перепада давлений в систему впуска или выпуска вдоль стержня и направляющей клапана через уплотне-

ние также продавливается больше масла. При этом состояние узла стержня клапана и направляющей втулки клапана прямо влияет на расход масла. Очевидно, если зазор между стержнем клапана и отверстием направляющей втулки слишком большой, и/или если уплотнение стержня клапана потеряло эластичность или повреждено (например, при некачественной установке), то сопряжение теряет герметичность, и масло будет попадать в систему впуска или выпуска через зазор между стержнем и втулкой и далее сгорать в цилиндрах даже без значительного давления картерных газов. Это одна из наиболее распро-



5.24. Длительная эксплуатация на загрязненном воздушном фильтре привела к поступлению в двигатель все большего количества абразивных частиц, что вызвало износ цилиндропоршневой группы, повышение давления в картере и поступление картерных газов с маслом во впускную систему

страненных причин расхода масла у двигателей при большом возрасте автомобиля.

Неисправности в системе вентиляции, вызывающие повышенное давление в картере (как показано выше, давление в картере также может быть увеличено вследствие нарушения уплотнительных свойств поршневых колец), нередко связаны с загрязнением системы нагаром (в том числе при неисправности цилиндропоршневой группы), в результате чего проходное сечение для выхода картерных газов в систему впуска уменьшается, и на режимах больших нагрузок и частот вращения давление в картере повышается. Иногда на работу системы оказывает влияние неисправности управляющих элементов (например, клапана PCV) – с тем же результатом.

Следствием большого избыточного давления в картере являются текущие сальники и прокладки двигателя, что вызывает расход масла в результате утечек. Хотя нельзя исключать, что нарушение уплотнительных свойств прокладок фланцевых соединений и сальников валов в конкретных случаях связано со старением прокладок и сальников, а также деформацией уплотняемых деталей по различным эксплуатационным причинам.

Износ уплотнений является одной из самых распространенных причин негерметичности уплотняемых деталей. Причем наиболее подверженным негерметичности элементом являются сальники валов. Несмотря на то что течь сальников обычно возникает при сравнительно больших пробегах автомобиля, она может быть хорошим индикатором технического состояния двигателя в целом, особенно если сальник оказывается негерметичен при малом пробеге.

Основные причины негерметичности сальников следующие:

- 1) повышенное давление в картере. Более того, если в двигателе течет не один, а несколько сальников сразу, то причина, как правило, не в сальниках, а в повреждении поршневой группы или неисправности системы вентиляции картера;
- 2) биение уплотняемой поверхности вала. Больше соответствует дефектам ремонта, когда в двигатель установлен «криво» шлифованный коленчатый вал;
- 3) износ рабочей кромки сальника и/или уплотняемой поверхности вала. Обычно такой вид износа характерен для больших пробегов и старых двигателей, в том числе в результате старения резины и потери сальником эластичности. Однако при не слишком больших пробегах износ тоже встречается, тогда он имеет две возможные причины, и обе связаны с абразивным износом:
 - повреждение пыльника и поступление пыли к уплотнительной кромке сальника снаружи,
 - наличие внутри двигателя источника абразивных частиц, загрязняющих масло, поступ-

ление абразивных частиц к уплотнительной кромке сальника изнутри;

4) многочисленные дефекты ремонта (ремонтного производства), главным образом связанные с низкой квалификацией персонала СТО, в том числе:

- неправильная установка сальника в осевом направлении (например, слишком глубоко в гнезде, в результате чего уплотнительная кромка может контактировать с нештатной поверхностью вала),
- повреждение отверстия гнезда и/или вала (обычно происходит при неквалифицированном демонтаже старого сальника с помощью подручных средств),
- повреждение самого сальника при неквалифицированной установке (во время запрессовки).



5.25. Типичный абразивный износ стержня впускного клапана (матовая поверхность) в результате поступления в двигатель грязного воздуха



5.26. Замасливание поддона картера с наличием «промытых» зон практически точно указывает на место утечки масла

Выяснить, по какой причине сальник потерял герметичность, можно, но такая задача перед исследователем ставится крайне редко, поскольку важна не столько сама эта причина, сколько то, что течь сальника может быть одним из признаков серьезной неисправности двигателя (например, повреждения поршневой группы, что и привело к повышению давления в картере и течи уплотнения).

Обычно течь масла, независимо от того, какой элемент негерметичен, имеет различный вид, от «потения» до явного каплепадения, однако дать какие-либо количественные цифры зависимости расхода масла от характера течи можно только путем прямого измерения расхода масла за конкретное расстояние пробега автомобиля.

Общим признаком течи является характерный след масла на блоке цилиндров и поддоне картера. При этом о значительной течи всегда свидетельствует расширяющаяся в нижнюю сторону чистая, отмытая маслом поверхность, у которой по краям присутствует значительное количество замасленной пыли и грязи. Такая картина связана с тем, то при стекании масла по стенкам в середине потока частицы пыли и грязи уносятся маслом (смываются), в то время как расположенные вне потока масла зоны постепенно намокают маслом и создают идеальные условия для сбора пыли. При этом расширение промытой и замасленной зоны в направлении к низу всегда связано с изменением скорости обдува двигателя набегающим потоком, а также ускорениями и замедлениями автомобиля, когда поток стекающего по поверхности масла отклоняется в ту или другую сторону на значительный угол.

Небольшие размеры замасляемых зон негерметичности на двигателе нередко могут быть весьма обманчивы – из практики эксплуатации и ремонта следует, что, к примеру, характерное «запотевание» (налипание пыли на масляную поверхность) не является признаком потери масла и/или каких-либо неисправностей, в то время как наличие даже незначительного каплепадения способно добавлять к общему расходу масла в двигателе до 1 л на 1000 км пробега и более. Этот факт следует обязательно учитывать при исследованиях, связанных с потерями масла.

Расход масла, вызванный абразивным износом

Ускоренный абразивный износ трущихся пар при нарушении фильтрации воздуха, масла и/или топлива всегда связан с поступлением к трущимся парам абразивных частиц. При нарушении фильтрации воздуха и топлива это пыль, проникающая в соответствующие системы двигателя через поврежденные фильтры и/или каналы, а при нарушении фильтрации масла (например, засорения фильтра и открытия перепускного клапана) – продукты износа

самых деталей. Иногда это может быть источник абразивных частиц, непосредственно расположенный внутри двигателя в виде пары быстроизнашиваемых деталей.

Данный вид износа достаточно характерен для нерегулярного техобслуживания. Очевидно, что если не соблюдается предписанная изготовителем периодичность техобслуживания, то в двигателе будет находиться отработанное, загрязненное масло в течение длительного времени. Поскольку смазочные свойства такого масла понижены, и в нем присутствует значительное количество загрязнений, непрерывно циркулирующих по системе смазки, возникает риск ускоренного износа.

Наряду с соблюдением периодичности смены масла обязательной является замена воздушных и топливных фильтров. Это прямо касается фильтров из современных волокнистых материалов. Так, длительная эксплуатация двигателя без замены фильтров приводит к потере ими способности задерживать частицы загрязнений, что вызывает ускоренный износ деталей абразивного характера.

Очевидно, воздействие абразивного износа происходит, в первую очередь, на те детали, куда непосредственно поступает абразив, – остальные детали получают вторичное воздействие, главным образом, продуктами износа. Тем не менее повреждение получают все детали, с той лишь разницей, что детали, имеющие первичный непосредственный контакт с абразивными частицами, изнашиваются быстрее и сильнее. Подробно эти вопросы рассмотрены ниже.

Расход масла вследствие повреждения деталей из-за нарушения смазки

Ускоренный износ и повреждения трущихся пар из-за нарушения смазки могут возникать по целому ряду причин, в том числе:

- переполнение цилиндра топливом и разжижение масла;
- неисправность маслонасоса (привода, шестерен, редукционного клапана);
- засорение масляного фильтра, в том числе вследствие нарушения сроков обслуживания, некачественного фильтра и др.;
- некачественное и/или несоответствующее двигателю масло;
- разжижение масла охлаждающей жидкостью.

Часть из указанных причин носит кратковременный характер, не позволяющий до выхода двигателя из строя выявить явный расход масла (например, неисправность маслонасоса), однако большинство причин могут непосредственно вызывать потери масла.

Нарушения смазки нередко связаны с неправильным режимом сгорания, что вызывает переполнение цилиндра топливом. В этом случае в цилиндре после впрыска и сгорания остается



5.27. Задир на поршне вследствие сухого трения от переполнения топливом

несгоревшее топливо. Это топливо отлагается на стенках цилиндра, в результате вязкость снижается, и смазочные свойства масла ухудшаются, а износ и расход масла еще больше увеличиваются. Именно по этой причине неисправный и неустойчиво работающий двигатель, как правило, имеет повышенный расход масла. Кроме того, при смывании топливом масла со стенок цилиндра возникает полусухое трение, последствием чего является быстрый износ поршней, поршневых колец и рабочих поверхностей цилиндра.

В целом возможные причины повышенного расхода масла в бензиновых двигателях могут быть связаны с неисправностями системы топливоподачи (слишком богатая смесь), нарушениями в системе зажигания, а также неисправностью турбокомпрессора (низкое давление наддува). В дизельных двигателях данная проблема возникает из-за неисправных или негерметичных распылителей форсунок, неисправностей ТНВД, турбокомпрессора, а также в системе управления подачей.

Увеличение расхода масла при несоответствии его свойств двигателю

Применение некачественных и/или не соответствующих двигателю масла и/или топлива является довольно распространенной причиной резкого увеличения расхода масла. При этом не во всех режимах работы может быть обеспечена надежная работа двигателя. Износ двигателя увеличивается, например, при холодном запуске или при работе при повышенных температурах.

Понятно, что масло должно соответствовать предписаниям изготовителя транспортного средства. Если в масле отсутствуют важные свойства, к примеру, из-за недостатка или, наоборот, из-за добавления неподходящих присадок, повышается риск износа и тем самым возникает опасность преждевременного повреждения двигателя в результате ускоренного износа.

Обычным признаком применения несоответствующего масла является сильное нагарообразование на уплотнительном поясе поршней, когда нагаром могут забиваться как отверстия для сброса масла у маслосъемных колец, так и канавки компрессионных колец с последующим блокированием колец в канавках поршней.

Причиной нагарообразования может быть как несоответствие присадок в масле условиям работы двигателя, так и воздействие отдельных добавок в топливо (спирты, непредельные углеводороды и т.д.) на присадки. Характерно, что в подобных случаях установить, что явилось причиной нагарообразования и большого расхода масла, как его следствие, – некачественное масло или некачественное топливо, достаточно сложно, поскольку требует проведения специальных химических исследований этих жидкостей, а в некоторых случаях и самого нагара.

Одно из следствий применения несоответствующего масла – коксование масла на стенках, в дальнейшем оно может привести к отслоению твердых



5.28. Коксование маслосъемного кольца в результате применения некачественного масла



5.29. Повреждение поршня частицами керамики от разрушенного катализатора

частиц от стенок и закупориванию маслоприемника или отверстий малого диаметра в системе смазки. Такой эффект может дать и промывка старого двигателя специальным промывочным маслом, добавление в масло специальных присадок, оказывающих на отложения растворяющее действие, или даже просто замена масла после длительной эксплуатации двигателя без его замены.

Очень часто при попадании частиц нагара выходят из строя гидротолкатели в приводе клапанов, в результате чего начинается быстро прогрессирующий износ соответствующих кулачков распределительного вала. Нередки также случаи закупоривания смазочных отверстий небольшого диаметра, например, для смазки кулачков или подачи масла к опорам распределительного вала, ротора турбокомпрессора и т.д. Последний случай особенно опасен разрушением подшипника вплоть до поломки вала – например, когда распределительный вал заклинивает в подшипнике, его может «скрутить» по наиболее слабому сечению между звездочкой и заклинившей опорой.

Большое влияние на отложения оказывают условия эксплуатации автомобиля в холодное время года. Так, при кратковременных поездках, когда двигатель не успевает прогреться, интенсивность отложений значительно возрастает даже при использовании масел высокого качества, не говоря уже о более дешевых сортах. Картина усугубляется неполным сгоранием топлива, а также большим количеством водяных паров в картерных газах (на изношенном двигателе их больше), конденсирующихся на поверхности холодного масла.

Подобные условия нередко приводят к образованию «мягких» отложений в виде мази, т.е. сильно загустевшего масла. Переход масла в «мазеподобное» состояние заканчивается обычно повреждениями подшипников скольжения (коленчатого, распределительного и/или балансирных валов). Практика также показывает, что некачественное масло отрицательно действует на резиновые детали – нередко при сильных отложениях «мази» сальники и маслоотъемные колпачки быстро теряют эластичность и начинают пропускать масло.

Если происходит коксование масла в маслоотъемных канавках поршней, двигатель, имевший ранее очень низкий расход масла, вдруг начинает «есть» его в десятки раз больше. Не каждый водитель может вовремя это обнаружить. Данная ситуация часто заканчивается расплавлением подшипников коленчатого вала, турбокомпрессора и другими подобными неприятностями. Интересно отметить, что в таких случаях сигнализация недостаточного давления масла, устанавливаемая на большинстве автомобилей, часто показывает отсутствие давления масла только тогда, когда подшипники уже имеют ту или иную степень повреждения.

Обнаружить вовремя недопустимо низкий уровень масла в картере позволяют датчики уровня, устанавливаемые на многих современных автомобилях. Напротив, указатели давления и, тем более, сигнализаторы недостаточного давления масла малоинформативны. Практика показывает, что водители нередко не замечают падения стрелки указателя давления масла или даже принимают его за неисправность датчика или указателя давления, а сигнализатор недостаточного давления вообще практически ничего не показывает вплоть до выхода двигателя из строя.

Тем не менее во многих случаях падение давления масла из-за недостаточного его уровня можно без труда определить по ненормальному шуму работы двигателя. Однако определить отсутствие масла в двигателе по косвенным признакам удается обычно только опытному водителю, да и то, если в салоне автомобиля отсутствуют посторонние шумы (например, больше всего «глушит» посторонние звуки включенное радио).

С применением некачественного топлива связаны некоторые виды повреждения деталей цилиндропоршневой группы, вызывающие сильное увеличение расхода масла. Так, вследствие разрушения каталитического нейтрализатора выхлопных газов от перегрева (обычно это случается при догорании топлива на выпуске) в цилиндры поступает значительное количество твердых керамических частиц, что приводит к быстрому абразивному износу поршней, поршневых колец и цилиндров. Даже если водитель вовремя заметит признаки неисправности (потеря мощности, возрастание расхода топлива, неустойчивость работы), вследствие расположения катализатора на выпускном коллекторе на небольшом расстоянии от выпускных клапанов то или иное повреждение цилиндров неизбежно, что закономерно приведет к повышению расхода масла. Подобные случаи нередко удается выявить при изучении истории автомобиля.

Влияние ошибок при ремонте и производстве на расход масла

Ошибки при выполнении ремонтных работ – большая группа различных причин повышенного расхода масла. Так, из-за неправильной обработки поверхности цилиндров не создается необходимая масляная пленка между поршневыми кольцами и рабочей поверхностью цилиндра. При этом решающим фактором для образования масляной пленки на рабочей поверхности цилиндра и ее способности сохранять необходимые рабочие свойства для смазки поршневых колец является так называемое вскрытие зерен графита.

Оптимальной финишной обработкой поверхности цилиндра считается, когда вскрыто не менее 20% графита, что обеспечивает сбор масла во впадинах профиля и в графитовых зернах. Это способствует повышению стойкости масляной

пленки при высокой нагрузке и существенному улучшению ее способности сохранять рабочие свойства в широком диапазоне режимов. Отклонение от оптимальной микроструктуры поверхности цилиндра в любую сторону – в более грубую или более гладкую – приводит к росту расхода масла.

Например, слишком тонкая и гладкая финишная обработка, которая нравится некоторым механикам, обуславливает образование сплошного металлического слоя на поверхности цилиндра (так называемая жестяная структура поверхности), препятствующего процессу маслосудержания. Тогда при чрезмерном утоньшении и/или разрушении масляной пленки возникает непосредственный контакт поршневого кольца с рабочей поверхностью цилиндра (границное трение), что вызывает задиры и интенсивный износ контактирующих поверхностей. Кроме того, из-за высокого трения, вместо того чтобы отводить теплоту от поршня в соответствии с их основной, помимо уплотнения, задачей, поршневые кольца начинают дополнительно выделять теплоту. Что приводит к перегреву, задирам на рабочей поверхности, еще более интенсивному износу и высокому расходу масла, быстро прогрессирующему в эксплуатации.

При расточке и хонинговании цилиндров, а также при сборке двигателя могут возникать и другие не менее серьезные дефекты, способные оказать значительное влияние на расход масла в двигателе. Одним из таких дефектов является деформация цилиндра, а также перекося оси цилиндра относительно оси коленчатого вала. Определить деформацию и перекося можно только после разборки двигателя по неравномерному пятну контакта с отдельными блестящими полированными местами на сухой рабочей поверхности цилиндра, а также по следам перекося на поршнях, включая диагональный характер пятна контакта на юбке и стертый нагар на верхней части огневого пояса поршня.

Очевидно, поршневые кольца не могут обеспечить нормальное уплотнение деформированного и/или перекошенного цилиндра – ни от проникновения масла из картера, ни от прорыва газов в картер. В результате масло не может нормально сниматься кольцами с поверхности цилиндра, попадает в камеру сгорания и там сгорает. Одновременно вследствие прорыва газов повышается давление в картере, что вызывает повышение давления картерных газов и потери масла.

Причины деформации цилиндра обычно связаны с неправильной неравномерной и/или чрезмерной затяжкой болтов головки блока цилиндров, деформацией привалочных плоскостей головки и/или блока цилиндров, загрязнением или повреждением резьбы болтов головки блока цилиндров или гнезд для них в блоке цилиндров, а также отложениями или загрязнениями в системе охлаждения, вызывающими местный перегрев стенки цилиндра.



5.30. Типичный результат работы двигателя при нарушении смазки – перегрев и задиры поршневых колец

Помимо указанных ошибок, неправильный монтаж головки блока цилиндров (например, без центровочных втулок или при попадании постороннего предмета на сопрягаемые поверхности) может вызвать перекося, в результате которого могут возникнуть негерметичные места на прокладке головки блока цилиндров. Если рядом с дефектным местом расположен масляный канал, то масло под давлением может попадать непосредственно в цилиндр.

И наконец, еще одной распространенной неисправностью, непосредственно влияющей на расход масла, является деформация шатуна, возникающая в результате эксплуатации (причиной деформации шатуна, как правило, являются все виды нештатных нагрузок – гидроудар и ударные нагрузки на поршень при обрыве головки клапана, попадании в цилиндр постороннего предмета и др.) или некачественного ремонта (непараллельная расточка одного из отверстий).

Как известно, геометрия шатунов оказывает чрезвычайно сильное влияние на работу поршней и поршневых колец – ошибки в параллельности осей головок шатуна в результате деформации стержня приводят при возвратно-поступательном движении дополнительно к качанию поршней в продольной оси двигателя, сопровождающемуся попеременным столкновением верхней части поршня с цилиндром. Такая работа вызывает хорошо слышимый стук, однако не вполне очевидное влияние перекося шатуна на расход масла намного серьезней – масло проходит через щели, возникающие в результате качающегося движения поршней, и проникает в камеру сгорания. В наиболее неблагоприятных случаях подобного движения поршня возможно даже создание насосного эффекта у поршневых колец, из-за чего масло нагнетается из картера вверх еще сильнее.

Есть и более экзотические причины расхода масла, связанные с ремонтом, например чрезмерное выступание поршней над плоскостью блока цилиндров. Действительно, если при положении



5.31. Диагональный след контакта с цилиндром на юбке поршня – типичный признак деформации шатуна и причина увеличения расхода масла



5.33. Отслаивание покрытия на верхнем поршневом кольце на стороне, противоположной замку, – типичный производственный дефект



5.32. Повреждение поршня посторонним предметом, попавшим в цилиндр при обслуживании двигателя

поршня в ВМТ его выступание над плоскостью блока превышает допустимое значение, предусмотренное изготовителем двигателя, поршень может удариться о головку блока цилиндров. Помимо того, что при этом кривошипно-шатунный механизм и поршневая группа подвергаются повышенной нагрузке, последствиями чего могут быть повреждения коленчатого вала, поршней или шатунов, в дизельных двигателях удары могут повлиять на распылитель форсунки. Возникающие от ударов поршня вибрации могут воздействовать на иглу распылителя форсунки, которая в результате этого неполностью закрывается. В результате в камеру сгорания будет поступать дополнительное топливо после основной фазы впрыска, что вызовет описанное выше смывание масла с поверхности цилиндра, износ и расход масла.

Применение не соответствующих двигателю запасных частей при ремонте – также не менее распространенная проблема. В некоторых случаях это может быть и совсем грубая ошибка – например, установка поршневых колец, не подходящих

по размерам к канавкам поршней, применение стандартных поршневых колец вместо ремонтных и др. Однако, несмотря на распространенное среди ремонтников мнение о каких-то некачественных быстроизнашивающихся деталях «восточного» происхождения, на практике такие случаи не находят подтверждения и связаны, как правило, с грубыми ошибками при ремонте двигателя, а не с качеством запчастей.

Повреждение трущихся пар посторонними предметами при обслуживании и/или ремонте, пожалуй, одно из весьма распространенных в ремонтной практике. Обычно оно связано с неаккуратностью и невнимательностью персонала, когда посторонний предмет, провалившийся в цилиндр, наносит повреждения поршню, к примеру, вызывая частичное блокирование поршневых колец в канавках. Именно на этом этапе с двигателем может произойти многое из того, что никакими другими способами получить невозможно. Это и сломанные поршневые кольца, и поврежденные глубокими бороздами цилиндры, и повреждения или разрывы маслосъемных колпачков, вызванные нарушениями рекомендованных производителями и/или общепринятых технологий ремонта.

С другой стороны, известно, что производители комплектующих обычно исключают из рассмотрения в своих справочниках случаи повреждения деталей на заводе – изготовителе двигателя при сборке вследствие нарушения технологии производства. Тем не менее детали, поврежденные подобным образом, пусть редко, но все же встречаются (например, отслаивание покрытия поршневых колец на стороне, противоположной замку, поломка колец и др.).

Однако даже если причина повышенного расхода масла понятна, достаточно серьезные проблемы встают перед исследователем при попытке на практике оценить действительное состояние двигателя по величине его расхода масла. Понятно,

что только по виду некоторых деталей, например, визуально по следам течи масла и эндоскопией цилиндров с локализацией мест поступления масла в цилиндр установить, какой расход масла имеет двигатель, невозможно – требуется определить действительный расход масла, который имеет исследуемый двигатель, и сравнить его с допустимым.

Ответ на этот вопрос может носить ключевой характер, поскольку он определяет наличие или отсутствие неисправности, от чего зависят все дальнейшие действия владельца, продавца, ремонтной организации и т.д. Методика определения расхода масла, а также более подробные описания наиболее характерных повреждений деталей, вызывающих, в том числе, повышенный расход масла, приведены в нижеследующих подразделах.

5.2.2.4 Основные признаки нарушения температурного режима работы двигателя и потери охлаждающей жидкости

Как известно, нарушение температурного режима работы двигателя, называемое обычно перегревом, является на практике очень распространенной причиной различных повреждений, причем настолько серьезных, что они нередко приводят к практической неремонтопригодности двигателя.

Для того чтобы выяснить, был ли двигатель перегрет, необходимо вначале разобраться с самим процессом перегрева. В первую очередь необходимо отметить, что несмотря на различного рода мифы и заблуждения, под перегревом двигателя следует понимать строго определенный режим его работы, сопровождаемый кипением охлаждающей жидкости (при условии ее наличия в системе). Прочие режимы работы с повышенной рабочей температурой жидкости в системе охлаждения, но не сопровождаемые кипением жидкости, к перегреву отношения не имеют и серьезных повреждений обычно не вызывают (хотя и могут в определенной степени повлиять на работу двигателя).

Итак, во время работы двигателя при перегреве происходит нагрев ОЖ до температуры кипения. При этом кипение начинается локально в зонах с наиболее нагретыми деталями – обычно это стенки камеры сгорания и выпускных каналов в ГБЦ. Далее кипение распространяется по объему жидкости – по мере разогрева деталей.

Фактически кипение жидкости создает паровую подушку между нагреваемой газами стенкой и охлаждающей жидкостью, препятствующую процессу отвода теплоты от стенок в жидкость. Помимо этого, кипение жидкости резко нарушает ее циркуляцию – как в рубашке охлаждения, так и в радиаторе, поскольку происходит разрыв потока жидкости, идущего от насоса по каналам в рубашке охлаждения. В результате такого нарушения циркуляции не происходит необходи-

мого отвода теплоты от жидкости в окружающую среду, что также ведет к дальнейшему нагреву деталей.

И наконец, в режиме кипения ОЖ и роста температуры деталей происходит рост давления в системе. Этот процесс обусловлен тем, что шланг, соединяющий радиатор с расширительным бачком, обычно имеет небольшое сечение и не рассчитан на выброс большого количества пара при интенсивном кипении. Очевидно, в таком случае даже при открытом клапане пробки радиатора давление будет повышаться, что может вызвать разрыв шлангов и/или повреждение радиатора. Вместе с паром в расширительный бачок будет выброшена часть охлаждающей жидкости, при этом жидкость будет выходить вместе с паром из бачка, забрызгивая подкапотное пространство вокруг бачка.

При перегреве двигателя на выходе из ГБЦ паровая фаза будет чередоваться с жидкой фазой ОЖ, поэтому датчик температуры, на чувствительную часть которого попадают капли жидкости, в обязательном порядке регистрирует нагрев ОЖ, что приведет к росту температуры на указателе панели приборов до красной зоны. Кроме того, при отсутствии охлаждения начинает нагреваться наружная стенка ГБЦ, в том числе место установки датчика температуры, что приводит к дополнительному нагреву датчика теплопроводностью (при установке датчика на головке блока цилиндров).

Кипение при перегреве в замкнутой герметичной системе охлаждения идет при повышенном давлении, поэтому температура начала кипения также достаточно высока – 130° С и более, что легко будет видно на указателе температуры. В некоторых двигателях, помимо указателя температуры, данный режим вызывает также срабатывание табло с предупреждением о перегреве, а также запись соответствующего кода в блоке управления.

Внешние признаки неисправности системы охлаждения и основные повреждения двигателя при перегреве

Если в двигателе имеется неисправность в системе охлаждения, а тем более – был перегрев, это совершенно четко можно определить по целому ряду внешних признаков. В частности, если двигатель сохранил работоспособность, то отклонения от нормы могут быть обнаружены на работающем двигателе.

Так, важным признаком состояния системы охлаждения является температура нижнего патрубка радиатора. Она проверяется очень просто, достаточно проверки даже на ощупь – патрубок должен быть почти таким же горячим, как и верхний. Обратное свидетельствует о недостаточной прокачке жидкости через радиатор, т.е. о том самом нарушении циркуляции. А причин нарушения циркуляции много – это и неисправный насос

(например, поврежденные коррозией лопасти или провернутая на валу крыльчатка), и забитый внутри радиатор, и не открывающийся термостат. Для того чтобы это выяснить, может потребоваться еще целый ряд проверок.

Работа вентилятора характеризуется не только его включением и выключением, но и напором воздуха. Важна и температура прокачиваемого вентилятором воздуха – прохладный воздух косвенно указывает на недостаточно горячий радиатор и снова на нарушение циркуляции, в то время как чрезмерно горячий может свидетельствовать о загрязнении радиатора снаружи или о неисправности электродвигателя вентилятора.

Как показано выше, отопитель перестает нормально работать, как только в систему попадает воздух или выхлопные газы. Такое случается при утечке антифриза или при неисправности двигателя (к примеру, трещина в головке блока или прогоревшая прокладка ГБЦ). Связанное с этим давление в системе охлаждения – еще один очень важный параметр. У большинства двигателей давление должно очень медленно (в течение 10–15 мин) возрастать при прогреве двигателя и так же медленно снижаться после его выключения. Отклонения от этого – свидетельство неисправности в системе охлаждения.

Действительно, изменение давления в системе (легко проверяется рукой по упругости верхнего патрубка радиатора, хотя иногда используют и более серьезное оборудование) может помочь установить причину некоторых неисправностей. Так, например, при прогреве двигателя, когда общее давление в системе еще невелико, резкое повышение давления в патрубке при увеличении числа оборотов двигателя может свидетельствовать о внутреннем загрязнении радиатора. Такое же резкое увеличение давления сразу после запуска – явный признак прогоревшей прокладки или трещины в головке блока. Наоборот, если давление вообще никак не поднимается при прогреве, следует озаботиться поиском места наружной утечки антифриза или заменить неисправную пробку радиатора.

Рабочая температура в системе – один из самых важных индикаторов ее состояния. Температура может не только «зашкаливать», но и просто быть выше или ниже обычного уровня. Важно также влияние скорости автомобиля – растет или падает температура при движении. Чрезмерно высокая температура (с дальнейшим перегревом) также может проявляться по-разному. Следует отметить, что перегрев может происходить как на одном режиме работы (на холостом ходу, на «месте» на высоких оборотах, при движении на высоких скоростях), так и сразу на нескольких режимах, что может указывать на совершенно разные неисправности.

Расширительный бачок системы охлаждения – весьма удобный индикатор ее состояния.

Пузырение жидкости, запах выхлопных газов или бензина, пленка масла или эмульсия на поверхности антифриза в бачке – признаки очень серьезных неисправностей двигателя, причем различных, которые предварительно устанавливаются всего лишь осмотром расширительного бачка. Но иногда полезно посмотреть и другие системы рядом. Так, сочетание расхода охлаждающей жидкости с эмульсией в системе вентиляции и смазки свидетельствует о попадании антифриза в масло. Масло при этом мутнеет и становится непрозрачным, а на крышке маслозаливной горловины появляется характерная пена. Последняя, правда, требует к себе критического отношения – при отсутствии расхода антифриза образование пены, скорее всего, связано с плохой работой системы вентиляции, особенно в холодное время года.

Характер работы двигателя, особенно на холостом ходу, тоже может указывать на наличие неисправностей в системе охлаждения. Попадание антифриза в цилиндр или, напротив, выхлопных газов из цилиндра в рубашку охлаждения, как правило, приводит к неустойчивой работе двигателя на холостом ходу и даже отключению отдельных цилиндров. В наиболее тяжелых случаях, когда при перегреве деформируются поршни, возникают задиры на их юбках, поршневых кольцах и стенках цилиндров, двигатель начинает стучать, в первую очередь в холодном состоянии, резко увеличивается расход масла, появляется характерный синий дым выхлопа. Однако указанные явления нельзя считать исключительно признаками неисправности системы охлаждения – это могут быть неисправности самого двигателя, возникшие ранее. Например, цвет выхлопных газов в случае негерметичности цилиндра обычно становится густо-белым или сине-белым. Но этот важный признак, тем не менее, следует отличать от обычной конденсации водяного пара при высокой влажности и низкой температуре воздуха.

Все описанные причины и признаки неисправностей можно свести в таблицу (табл. 5.4),



5.34. Следы прорыва газов на прокладке при ослаблении затяжки болтов головки в результате перегрева

Таблица 5.4. Причины неисправностей системы охлаждения в зависимости от признаков их внешнего проявления, определяемые на этапе предварительного исследования технического состояния двигателя

Причина неисправности / Внешние признаки неисправности	Причины неисправности системы охлаждения													
	Негерметичность системы, течь антифриза	Термостат не открывается	Термостат постоянно открыт	Неисправен вентилятор, муфта или датчик температуры	Проворачивание крыльчатки помпы на валу, коррозия крыльчатки и корпуса	Загрязнение радиатора снаружи	Загрязнение радиатора изнутри	Негерметичность клапана пробки радиатора	Негерметичность охладителя масла	Незначительная негерметичность прокладки ГБЦ, микротрещина в стенке камеры сгорания	Прогар прокладки ГБЦ, микротрещина в камере сгорания	Трещина в рубашке охлаждения ГБЦ	Трещина в стенке цилиндра	Негерметичность прокладки впускного коллектора
Белый дым из выхлопной трубы														
Двигатель «троит», системы топливоподачи и зажигания в норме														
Эмульсия в масле или на пробке маслозаливной горловины														
Пленка масла или эмульсия в расширительном бачке														
Запах бензина и выхлопных газов в расширительном бачке														
Кипение при движении под нагрузкой														
Кипение при работе на месте на высоких оборотах														
Кипение при работе на холостом ходу														
Температура в системе выше нормы														
Температура в системе ниже нормы														
Температура в системе при движении возрастает														
Температура в системе при движении падает														
Двигатель долго прогревается														
Давление в верхнем патрубке радиатора увеличивается с повышением оборотов														
Давление сразу увеличивается и быстро падает после выключения двигателя														
Давление в системе отсутствует														
Кипение и выброс жидкости в расширительный бачок, но только после выключения двигателя														
Кипение и выброс жидкости в расширительный бачок														
Не работает отопитель														
Вентилятор не включается														
Воздух после вентилятора недостаточно горячий														
Малый напор воздуха от вентилятора														
Нижний патрубок радиатора холодный														
Расход антифриза														

■ Возможно отклонение от нормы ■ Явно выраженное отклонение от нормы

которая помогает установить зависимость между наблюдаемыми отклонениями в работе системы охлаждения (признаки) и причинами таких отклонений. Полученная таблица – это некий возможный алгоритм, по которому исследователь может определить причины наблюдаемой неисправности системы охлаждения по конкретным признакам. Разумеется, при условии, что эти признаки правильно и полностью выявлены.

Если же на момент исследования будет установлено, что двигатель вышел из строя, т.е. стал неработоспособным, то, скорее всего, речь идет о последствиях перегрева. Однако нередко при кратковременном перегреве двигатель еще может сохранять работоспособность, и тогда у исследователя появляются дополнительные возможности для диагностики.

Поскольку перегрев двигателя сопровождается повреждениями целого ряда узлов и деталей, по их характеру можно установить, действительно ли перегрев имел место в эксплуатации. Многие из повреждений от перегрева имеют соответствующие внешние признаки, выявляемые даже на этапе предварительного исследования технического состояния двигателя.

Так, при кипении охлаждающей жидкости происходит быстрый нагрев стенок изнутри горячими газами (верхняя часть цилиндра, головка блока, выхлопные каналы), в результате чего нарушается процесс сгорания в цилиндрах. Суть его сводится к тому, что сильный нагрев стенок вызывает дополнительный подогрев пристеночных слоев топливоздушной смеси на такте сжатия в цилиндре. У бензиновых двигателей это создает условия для самовоспламенения смеси после искрового разряда на свече и начале горения, что приводит к детонации при нормальном бензине и угле опережения зажигания. Поскольку в системе управления современных двигателей имеется датчик детонации, угол опережения зажигания будет автоматически уменьшен, что приведет к падению мощности двигателя. Однако, поскольку детонация при нагреве стенок оказывается интенсивной и возникает каждый раз при нажатии на педаль газа, этот процесс достаточно опасен поломкой поршневой группы.

При длительном воздействии высокой температуры на механическую часть двигателя возникает и целый ряд других повреждений. Поскольку алюминиевая головка притянута к блоку цилиндров стальными болтами, с ростом температуры происходит сильное термическое расширение головки цилиндров. Температурное расширение стали вдвое меньше алюминия, поэтому резко повышается усилие затяжки болтов, что приводит к чрезмерному сдавливанию и пластической деформации прокладки головки. При этом усилие таково, что напряжения в резьбе болтов в алюминиевом блоке могут превысить предел текучести материала блока. Это вызовет повреждение резь-

бы – вытягивание ее из блока. Возможна также пластическая деформация и вытягивание болтов. Далее, при падении температуры, в том числе до рабочей или до температуры окружающей среды, пластическая деформация элементов неизбежно приведет к ослаблению затяжки болтов и ослаблению всего стыка головки с блоком цилиндров, в результате чего прокладка головки потеряет герметичность.

При сильном нагреве расширение головки приводит также к резкому возрастанию усилий сжатия прокладки по краям, где расположены болты, в то время как расширение перегретой средней части головки болтами не сдерживается. Из-за этого происходит, с одной стороны, деформация (провал от плоскости) средней части головки, а с другой – дополнительное обжатие и деформация прокладки усилиями, значительно превышающими эксплуатационные.

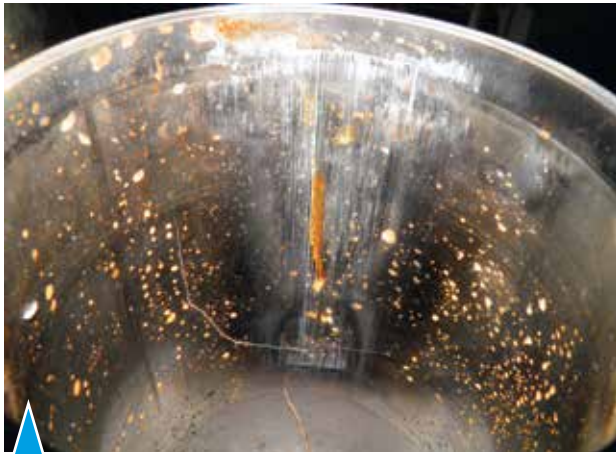
Очевидно, после того, как перегретый двигатель остынет, в отдельных местах, особенно у краев цилиндров, прокладка уже не будет зажата должным образом, что может вызвать течь. При дальнейшей эксплуатации такого двигателя металлическая



5.35. Типичное загрязнение внутренней поверхности расширительного бачка маслом и нагаром при потере герметичности прокладки ГБЦ



5.36. Симметричные (с двух сторон) задиры на краях юбки и над отверстиями поршневого пальца – типичные признаки перегрева



5.37. Задир на поверхности цилиндра от перегрева

окантовка прокладки, потеряв тепловой контакт с плоскостями головки и блока, перегревается, а затем прогорает. Особенно это характерно для двигателей со вставными «мокрыми» гильзами, или если между цилиндрами слишком узкие перемычки.

В довершение всего деформация головки цилиндров приводит, как правило, к искривлению оси постелей распределительного вала, расположенных в ее верхней части. Другими словами, если видимая часть деформации легко определяется проверкой плоскости, то невидимая (или трудно поддающаяся контролю) часть – это деформация оси постели распредвала, которая должна быть обязательно учтена при оценке пригодности детали к дальнейшей эксплуатации.

Крайние цилиндры в блоке и камеры сгорания в ГБЦ при перегреве обычно находятся в лучших условиях, поскольку наружная стенка рубашки имеет лучшее охлаждение воздухом, поступающим в подкапотное пространство. Более высокая температура в середине головки приводит и к более высоким усилиям болтов в середине, кроме того, нагрев верхней части блока цилиндров вызывает более сильное расширение блока у привалочной плоскости и ее деформацию. В результате головка также деформируется – ее привалочная плоскость изгибается и становится вогнутой.

Деформация привалочных плоскостей нередко приводит к нарушению герметичности стыка головки и блока еще на стадии перегрева двигателя. Поскольку при работе перегретого двигателя среднее давление в цилиндрах существенно выше давления пара в системе охлаждения, происходит выброс выхлопных газов вместе с маслом из цилиндров в систему охлаждения, смешение их с паром и выброс далее в расширительный бачок. Это приводит к внутреннему загрязнению расширительного бачка нагаром и маслом, а также к запаху выхлопных газов в бачке. Кроме того, на окантовке прокладки в местах прорыва газов будут видны характерные следы нагара.

Перегрев двигателя опасен не только для головки цилиндров, но и для цилиндропоршневой группы. Поскольку кипение охлаждающей жидкости распространяется постепенно от головки на все большую часть рубашки охлаждения, то резко снижается и эффективность охлаждения цилиндров. А это значит, что ухудшается отвод тепла от нагреваемого горячими газами поршня (тепло от него отводится в основном через поршневые кольца в стенку цилиндра). Температура поршня растет, одновременно происходит и его тепловое расширение. Поскольку поршень алюминиевый, а цилиндр, как правило, чугунный, то разница в тепловом расширении материалов приводит к уменьшению рабочего зазора в цилиндре.

Конструкция поршня всегда предусматривает компенсацию его теплового расширения соответствующим профилем наружной поверхности. Например, верхняя часть поршня всегда нагрета больше, поэтому диаметр здесь меньше, поэтому поршень всегда делается коническим. С другой стороны, нижняя часть поршня – юбка – при нагреве сильнее расширяется по оси поршневого пальца, что и определяет ее эллипсовидную форму, с большой осью эллипса, перпендикулярной оси пальца.

Поршень при нагреве расширяется в основном по оси пальца, поскольку в перпендикулярном направлении идет отвод тепла от юбки в стенку цилиндра. Тем не менее давление юбки на стенку цилиндра при увеличении температуры стенки



5.38. Плавление стенки камеры как результат перегрева двигателя



5.39. Еще один результат (и признак) сильного перегрева – выпадение седел из головки блока вследствие разницы в температурном расширении алюминиевого сплава головки и материала седла клапана.



5.40. Задиры по кругу в верхней части цилиндра вследствие перегрева двигателя и плавления поршня

растет, причем наиболее сильно – вблизи отверстий под палец. Силы трения поршня о стенку увеличиваются, температура юбки – тоже, а масляная пленка из-за разогрева масла и роста давления поршня на стенку утоньшается. В конечном счете это приводит к разрыву пленки, полусухому трению, а затем «схватыванию» алюминия поршня с чугуном цилиндра, т.е. к задиру, а иногда – к заклиниванию поршня в цилиндре.

Задир характеризуется взаимным переносом материалов, т.е. чугуна на поверхность поршня, а алюминиевого сплава – на цилиндр с образованием глубоких рисок и борозд. Этот процесс вызывает два эффекта – задиры на верхнем огневом поясе поршней и задиры на краях юбок поршней вблизи отверстия под палец, сопровождаемые ответным повреждением цилиндров, главным от-

бразом вблизи вертикальной плоскости, проходящей через ось коленчатого вала. Задиры в верхней части поршня распространяются и на поршневые кольца, нередко завальцовывая их в канавках. Как результат, кольца полностью теряют подвижность.

Задиры и деформация цилиндров, а также задиры на поршне, сопровождаемые вальцеванием поршневых колец в канавках и потерей их подвижности, являются причиной значительного ухудшения съема масла с поверхности цилиндров и попадания масла в камеру сгорания при перегреве двигателя, приводят в дальнейшем к уменьшению компрессии, а сильно поврежденный цилиндр способен выключиться, так как компрессия в нем упадет практически до нуля.

Иногда поршневые кольца от перегрева теряют упругость. Но это редкое явление – практика показывает, что обычно раньше наступает задир и заклинивание, поэтому кольца чаще теряют подвижность в канавках от задилов, чем упругость от перегрева. Помимо этого, после охлаждения перегретый поршень может сохранить большую остаточную деформацию, а его размер по юбке способен уменьшиться на 0,2–0,4 мм. Это значит, что поршень застучит после первого же запуска холодного двигателя.

Одновременно чрезмерное давление юбки поршня на цилиндр при перегреве способно деформировать цилиндр – он нередко становится эллипсоидным в средней части. При этом верхняя часть цилиндров не испытывает ориентированного давления от поршня, но при сильном перегреве может тоже получить деформацию, близкую к деформации в средней части цилиндра.

В случаях длительного и сильного перегрева, сопровождаемого кипением практически по всему объему жидкости в полостях двигателя, возможно также разрушение стенок камеры сгорания – плавление материала стенок в зоне максимальных температур у седел выпускных клапанов, а также плавление днища поршней на краях.

Расплавленные частицы алюминия попадают в зазор между поршнем и цилиндром, вызывая характерные задиры в верхней части цилиндра и на огневом поясе поршня, а также залегание поршневых колец.

Практика показывает, что перегрев в принципе возможен в любое время года – и зимой, и летом. Но тем не менее на весну приходится наибольшее число подобных случаев. Объясняется это просто. Зимой все системы автомобиля, в том числе и система охлаждения двигателя, работают в весьма тяжелых условиях. Большие перепады температур – от «минусовых» по ночам до весьма высоких рабочих после непродолжительного движения, негативно действуют на многие агрегаты и системы. Ситуацию ухудшают и соляные растворы, которыми поливают дороги, – соль агрессивно действует на электрические разъемы, резиновые шланги, радиаторы и многие другие элементы системы охлаждения.

В связи с этим при исследовании причин перегрева бывает важна привязка момента появления признаков неисправности ко времени года.

Основные группы неисправностей системы охлаждения, вызывающих перегрев двигателя

Важный вопрос при исследовании перегрева – как водитель должен был обнаружить перегрев? Ответ, вроде бы, очевиден – он должен смотреть на указатель температуры охлаждающей жидкости. На самом деле ситуация нередко намного сложнее.

Согласно опыту эксплуатации и ремонта большого количества двигателей, в эксплуатации встречаются различные и весьма многочисленные причины перегрева двигателей, которые условно можно разбить на несколько групп, в том числе:

- 1) неисправности, вызывающие нарушение циркуляции ОЖ в системе (в том числе неисправности термостата, насоса, загрязнение радиатора изнутри);
- 2) неисправности, нарушающие отвод теплоты из системы (в том числе неисправности датчиков, вентилятора, загрязнение радиатора снаружи);



5.41. Типичное загрязнение радиатора снаружи после трех лет эксплуатации автомобиля

- 3) негерметичность и утечки ОЖ из системы (в том числе вследствие негерметичности от повреждения хомутов, шлангов, радиатора и т.д.);
- 4) внутренняя негерметичность системы, в результате которой в систему выдавливаются газы, также нарушающие циркуляцию ОЖ.

Эти группы неисправностей для облегчения анализа сведены в табл. 5.5.

Первые две группы, помимо очевидного наружного загрязнения радиатора пылью, тополиным пухом, листвой, включают еще неисправности термостата, датчика, электродвигателя или муфты включения вентилятора. Внутреннее загрязнение радиатора тоже встречается, однако не из-за накипи, как бывало много лет назад после длительной эксплуатации двигателя на воде. Тот же эффект, а иной раз намного более сильный, дает применение различных герметиков для радиатора. И если последний действительно забит таким средством, то прочистить его тонкие трубки – довольно серьезная проблема.

Если первые две группы причин имеют общий признак – нормальное количество ОЖ на момент начала повышения температуры в системе, то



5.42. Негерметичная трубка радиатора (крайняя справа) дает явно видимую струю при повышении давления

Таблица 5.5. Основные группы неисправностей системы охлаждения, вызывающие перегрев двигателя

№ п/п	Группа неисправности	Признаки неисправности	Причины
1	Нарушение циркуляции ОЖ в системе	Перегрев двигателя при нарушении циркуляции (большая разница температур между патрубками радиатора)	Неисправности термостата, насоса, загрязнение радиатора изнутри
2	Нарушение отвода теплоты из системы	Перегрев двигателя при нормальной циркуляции ОЖ в системе	Неисправности датчиков, вентилятора, загрязнение радиатора снаружи
3	Негерметичность и наружные утечки ОЖ из системы	Течь жидкости снаружи, нет давления в системе при прогреве двигателя, расход жидкости	Негерметичность при повреждении хомутов, шлангов, радиатора, фланцевых соединений
4	Внутренняя негерметичность системы	Эмульсия в масле или в охлаждающей жидкости, выдавливание ОЖ из системы, расход жидкости	Трещины в рубашке системы охлаждения в головке или блоке цилиндров, негерметичность прокладки головки

в этом случае, совершенно очевидно, момент наступления перегрева двигателя, а также его развитие во времени легко контролируются с помощью указателя температуры на панели приборов автомобиля, причем указатель покажет отклонение температуры от нормы при любой неисправности, входящей в указанные группы.

В отличие от двух первых групп, третья группа причин неисправностей системы охлаждения представляет собой аварийный случай, когда из системы уходит охлаждающая жидкость.

Потери охлаждающей жидкости

Вообще при анализе состояния системы охлаждения следует учитывать, что расход охлаждающей жидкости в нормально работающей системе не предусмотрен. А потеря жидкости из системы может существенно изменить режим работы системы вплоть до такого состояния, когда обычные методы контроля неприменимы. Поэтому любое снижение уровня жидкости – уже признак неисправности.

С другой стороны, утечка охлаждающей жидкости является одной из распространенных причин серьезных неисправностей двигателя, причем опасность представляет как прямое влияние недостаточного количества жидкости в системе, так и вторичное, вызванное поступлением уходящей жидкости в другие системы. Тогда весь вопрос лишь в том, куда «уходит» жидкость: вытекает наружу, попадает сразу в масло или вначале в цилиндры?

Прямое действие утечки на работу самой системы охлаждения вполне предсказуемо: уменьшение количества жидкости в системе вызывает снижение эффективности охлаждения за счет уменьшения количества теплоты, передаваемого меньшим количеством теплоносителя от горячих (нагреваемых при работе) стенок двигателя к холодным (охлаждаемым воздухом) стенкам радиатора. При значительных потерях жидкости происходит уменьшение ее циркуляции, заме-



5.43. Отсутствие охлаждающей жидкости в расширительной бачке – возможный признак течи жидкости и/или перегрева двигателя

щение жидкости пузырями и паром, что ведет к интенсивному нагреву лишенных нормального охлаждения стенок двигателя, главным образом камер сгорания и верхней части цилиндров, и перегреву с выходом двигателя из строя.

Признаки нарушения температурного режима двигателя, таким образом, имеют причинно-следственную связь с уменьшением количества охлаждающей жидкости в системе, хотя перегрев двигателя не обязательно связан с утечками жидкости, а утечка не всегда ведет к перегреву, если, к примеру, вовремя замечена и устранена. Однако на практике наличие признаков утечки жидкости является и возможной причиной, и основанием для проверки наличия признаков перегрева двигателя.

Общий признак утечки жидкости – ее отсутствие в расширительной бачке. При этом важно определить, насколько велико падение уровня жидкости в радиаторе. Если при открытии пробки радиатора жидкость не видна и не закрывает трубки, то можно говорить о ее недопустимо низком уровне в системе, вполне способном спровоцировать нарушение температурного режима в двигателе. В таком случае необходимо локализовать место, вызвавшее утечку из системы, т.е. фактически установить причину утечки.

Наружная негерметичность системы охлаждения

Сравнительно просто, причем еще на этапе предварительного исследования двигателя, можно установить наружные утечки охлаждающей жидкости, которые, как правило, легко обнаруживаются по специфическим следам на наружных поверхностях деталей в виде участков, имеющих характерные признаки течи – темную мокрую поверхность со светлым и слабо окрашенным в оттенок применяемой охлаждающей жидкости подсохшим ее обрамлением. «Группой риска» являются зоны выходного вала насоса системы охлаждения, различные патрубки, шланги и радиатор, преимущественно в нижней части, наиболее подверженной коррозии. Реже встречаются экзотические места – разъем головки с блоком цилиндров (препятствует значительные усилия затяжки), радиатор отопителя (нет воздействия окружающей среды) и некоторые другие.

Явная наружная негерметичность в системе охлаждения возникает чаще всего из-за трещин в шлангах, ослабления затяжки хомутов вследствие старения резины, износа уплотнения насоса, неисправности крана отопителя, радиатора и некоторых других причин. Следует отметить, что течь радиатора может появляться после «разъедания» трубок изнутри антифризом неизвестного происхождения (с добавками кислот или щелочей) или снаружи соляными растворами, а течь уплотнения насоса нередко наблюдается после длительной эксплуатации на воде. Коррозии в виде «разъ-



5.44. Течь охлаждающей жидкости довольно легко может быть обнаружена по следам на днище автомобиля



5.45. При внимательном осмотре подкапотного пространства можно увидеть и менее заметные места течи жидкости

едания» подвержены и другие детали системы охлаждения, включая головку цилиндров.

Негерметичность системы охлаждения в ее верхней части, в том числе из-за неисправности клапана пробки радиатора, приводит к падению давления в системе до атмосферного. Как известно, чем меньше давление – тем ниже температура кипения жидкости. И если рабочая температура жидкости в системе близка к 100° С, то в негерметичной системе жидкость закипит. Нередко кипение в негерметичной системе возникает даже не при работе двигателя, а после его выключения. Определить, что система действительно негерметична, можно по отсутствию давления в верхнем шланге радиатора на прогревом двигателе.

Внутренняя негерметичность системы охлаждения

В некоторых случаях даже при самом тщательном визуальном осмотре никаких признаков утечек на наружных поверхностях двигателя и в подкапотном пространстве нет, а жидкость все равно уходит. В этом случае следует говорить о внутренних утечках в самом двигателе.

Один из наиболее распространенных случаев внутренней негерметичности системы охлаждения – когда происходит утечка жидкости в моторное масло. Обычно такие утечки связаны с негерметичностью прокладки головки цилиндров или с трещинами в стенках рубашки охлаждения.

Например, при работе двигателя в системе охлаждения создается чрезмерно высокое давление и жидкость частично выдавливается из расширительного бачка (что легко увидеть по следам жидкости под крышкой бачка и на деталях кузова автомобиля под бачком). При выключении двигателя и последующем его охлаждении жидкость под давлением в системе вытекает через негерметичное место в цилиндр и далее за время стоянки постепенно уходит через поршневые кольца в поддон картера, смешиваясь с маслом.

Поскольку при перегреве двигателя начинается кипение жидкости в рубашке охлаждения головки блока цилиндров, образующаяся паровая пробка (или подушка) препятствует непосредственному контакту охлаждающей жидкости с металлическими стенками. Из-за этого эффективность их охлаждения резко уменьшается, а температура значительно возрастает. Такое явление носит обычно местный характер – вблизи области кипения температура стенки может быть заметно выше, чем на указателе температуры. В результате в головке блока могут появиться различные повреждения, в первую очередь – трещины.

Особенно это явление характерно для некоторых современных двигателей при эксплуатации автомобиля с малой средней скоростью – при длительных режимах движения в пробках и/или работе на холостом ходу в условиях малой прокачки жидкости по системе охлаждения. В таких условиях в рубашке головки блока образуются застойные зоны с местным кипением, что при дальнейшем резком увеличении частоты вращения вызывает подачу охлажденной жидкости



5.46. Прогар прокладки головки блока цилиндров – одна из «видимых» причин перегрева, но нередко это лишь следствие других неисправностей

непосредственно на нагретые участки стенок. При длительной эксплуатации в таких условиях это может привести к возникновению трещин от термоусталости.

В бензиновых двигателях и дизелях с непосредственным впрыском трещины чаще встречаются между седлами выпускных клапанов и между седлом и отверстием свечи (или форсунки), в старых дизелях могли наблюдаться между седлами и/или седлом выпускного клапана и крышкой форкамеры. В чугунных головках иногда встречаются и трещины поперек седла выпускного клапана. Трещины возникают также в рубашке охлаждения, например, по постелям распределительного вала или по отверстиям болтов крепления головки блока.

Обычно потеря жидкости из-за нарушения уплотнения камеры сгорания возникает не сама по себе, как причина перегрева, а является следствием других неисправностей. То есть прогар прокладки головки, трещина в головке и гильзе цилиндра, деформации привалочной плоскости головки или блока может быть следствием перегрева, предшествовавшего наблюдаемой неисправности. Определить, что подобная негерметичность имеет место, можно по запаху выхлопных газов в расширительном бачке, вытеканию антифриза из бачка при работе двигателя, быстрому повышению давления в системе охлаждения сразу после запуска, а также по характерной водомасляной эмульсии в картере. Но установить конкретно, с чем связана негерметичность, удастся, как правило, только после частичной разборки двигателя.

Действительно, основной признак данного вида негерметичности – изменение цвета моторного масла на характерный непрозрачный светло-коричневый, обычно называемый словом «эмульсия». Дополнительно при попадании жидкости в масло на верхней части двигателя под крышкой клапанного механизма и под крышкой масляналивной горловины также может собираться характерная пена. Однако следует иметь в виду, что данная проверка может ввести в заблуждение в холодное время года, когда такая пена образуется при естественной работе системы вентиляции и конденсации паров воды, содержащихся в картерных газах, на холодных стенках двигателя.

Помимо указанных причин, внутренняя негерметичность часто вызывается трещинами в стенках водомасляных теплообменников, а также образуется после некачественного ремонта двигателя в результате повреждения целостности масляных каналов (например, трещины в масляном канале, расположенном у болта головки цилиндров). И хотя в этом случае происходит обратный процесс – выдавливание масла в охлаждающую жидкость, загрязнение жидкости маслом также вполне правомерно считать следствием внутренней негерметичности в двигателе.

Все случаи внутренней негерметичности достаточно сложны для локализации и требуют специ-



5.47. Типичные трещины в ГБЦ: между седлами и форкамерой (вверху), между седлами (в центре), между седлом и отверстием под свечу (внизу)

ального оборудования. Чаще всего просто разобрать двигатель в надежде на то, что негерметичное место просто так удастся найти, бесполезно. Например, факт наличия масла в охлаждающей жидкости можно использовать для специальной проверки водомасляного теплообменника под давлением (опрессовка), однако в случае его герметичности определить место течи внутри двигателя будет совершенно непростым делом.

Не менее сложно определение причины внутренней негерметичности в системе охлаждения,



5.48. Эмульсия в расширительном бачке – верный признак внутренней негерметичности системы охлаждения



связанной с уходом жидкости в масло. Для этого, скорее всего, потребуется специальная установка для проверки герметичности рубашек под давлением. Но и такая установка не гарантирует, что место и причину негерметичности будет легко найти – например, известны случаи, когда ни на прокладке головки, ни в самой головке не удастся найти никаких признаков негерметичности. В таком случае причиной может оказаться скрытая трещина в блоке цилиндров, для обнаружения которой могут потребоваться весьма непростые технологические решения.

При исследовании причины негерметичности в ряде случаев хорошо помогают и простые средства диагностики, если их применить на начальной стадии исследования, пока двигатель не разобран, – например, не следует пренебрегать ручным насосом с манометром, позволяющим создать избыточное давление в системе и наблюдать его падение (вплоть до локализации места утечки по

звуку). Такой способ может помочь в установлении причины негерметичности больше и быстрее, чем последующие подетальные проверки на герметичность всех сопряженных деталей с рубашками охлаждения. Но в любом случае определяющим для получения достоверных результатов, как и всегда, является опыт исследователя, а не его оснащение самыми сложными и дорогими приборами.

Следует отметить, что при подозрении на внутреннюю негерметичность в системе охлаждения, когда явных признаков неисправности, указанных выше, не наблюдается, прежде чем выполнять какие-либо работы по разборке двигателя, полезно провести предварительное тестирование системы охлаждения. Так, на некоторых СТО получил распространение специальный тест с условным названием «Тест 4000 оборотов». Суть его в следующем. Двигатель запускается и прогревается в обычном режиме несколько минут, затем выводится на повышенную до 4000 об/мин частоту



5.49. Эмульсия под крышкой маслосливной горловины (слева) также может свидетельствовать о серьезной неисправности, связанной с внутренней негерметичностью системы охлаждения (охлаждающая жидкость в масле), однако иногда эмульсия в этой зоне образуется из-за конденсации паров воды при низких температурах, плохо работающей вентиляции картера и эксплуатации автомобиля на короткие расстояния. Поэтому подтвердить внутреннюю негерметичность системы поможет проверка клапанной крышки по наличию большого количества эмульсии под ней (справа)





5.50. Опрессовка рубашки охлаждения головки блока цилиндров на специальной установке (слева) – подача воздуха под давлением в рубашку охлаждения позволяет по мелким пузырькам в воде увидеть даже микротрещину (справа)



вращения (у дизелей это может быть на 500–1000 об/мин меньше) и в таком состоянии удерживается в течение довольно долгого времени – не менее 10 минут (иногда и больше). За это время контролируется температура на указателе – она должна медленно увеличиться и остановиться приблизительно на середине шкалы указателя, иногда несколько правее.

Если система охлаждения исправна, то повысить температуру в ней выше указанного значения на месте невозможно ни на каких режимах. Если же в системе охлаждения имеется даже самая незначительная неисправность, то характер изменения температуры будет совсем другим. После короткой остановки (задержки) стрелки в середине шкалы (что обычно связано с открытием термостата) температура снова начнет повышаться, причем со все возрастающей скоростью. Время задержки и скорость увеличения температуры зависят от некоей степени серьезности неисправности – чем сильнее повреждена система, тем короче задержка

на середине шкалы и быстрее движение стрелки к зоне перегрева. Понятно, что в таком случае тест следует прекратить заранее, не дожидаясь закипания охлаждающей жидкости.

Практика показала, что данный тест особенно полезно использовать тогда, когда состояние двигателя неясно, но имеются жалобы владельца на перегрев, белый дым, эмульсию, падение уровня жидкости в расширительном бачке или радиаторе и т.д. В любом случае, если эти жалобы связаны с внутренней негерметичностью системы охлаждения, «Тест 4000 оборотов» обязательно подтвердит наличие неисправности. После чего исследователю останется только локализовать ее, т.е. найти, в чем конкретно заключается эта неисправность и где именно расположен поврежденный элемент системы.

Более подробно признаки, причины и последствия нарушения температурного режима двигателя описаны ниже при описании перегрева как одного из распространенных последствий различных эксплуатационных неисправностей системы охлаждения.



5.51. Коррозия алюминиевого сплава головки при эксплуатации на антифризе с добавками кислот или щелочей привела к потере герметичности прокладки из-за «проедания» плоскости

5.2.2.5 Потери мощности, неустойчивая работа, повышенный расход топлива

Как известно, многие неисправности двигателя в эксплуатации нередко проявляются в виде потери мощности и увеличения расхода топлива, но также могут сопровождаться неустойчивой работой на холостом ходу и/или пониженных режимах. В самых «тяжелых» случаях возможны и сложности с запуском, особенно холодного двигателя.

При рассмотрении данного вида неисправностей (или их признаков) важно понять, сопровождаются ли отклонения в выходных параметрах двигателя с какими-то внутренними отклонениями – например, с кодами ошибок в блоке управления? Если да, то внешние признаки неисправности в виде потери мощности и/или увеличенного расхода топлива будут лишь подтверждающими,

наряду с более серьезными и важными «внутренними» признаками. Тогда нет никакого смысла исследовать такие внешние признаки отдельно – потому что ясно, с чем эти потери связаны. Другое дело, если кроме внешних признаков никаких других и нет...

При исследовании причин неисправностей такого специфического вида исследователю, в 1-ю очередь, важно понимать цель исследований. В самом деле, если двигатель работоспособен, но наблюдаются некоторые отклонения от нормальной работы в виде вышеуказанных признаков, вполне закономерен вопрос – а что там с диагностикой? Или, другими словами – а куда смотрит диагност? И зачем проводить какие-то специальные исследования, если такого рода отклонения вполне укладываются в обычные диагностические работы, которые проводятся в настоящее время на СТО всех типов – дилерских и независимых?

Что делать, если диагностика бессильна

Действительно, потребность в экспертных исследованиях данного вида возникает далеко не всегда. Более того, обычно это случается уже после проведения большого объема диагностических работ на СТО. Так в чем же дело? Как правило, проблема возникает именно тогда, когда диагностика ничего не дает. То есть не находит никаких отклонений, а они, тем не менее, есть (или предполагается, что есть). В результате противоречие между наличием явных внешних признаков неисправности и отсутствием соответствующих данных из блока управления, которые подтверждали бы наличие неисправности, обычно приводит к спорам между владельцем транспортного средства и обслуживающей организацией. На дилерской СТО это, как правило, касается гарантийных автомобилей, на независимой – автомобилей, у которых были ранее выполнены какие-либо работы, в том числе, ремонт двигателя.

Какие же ситуации могут стать причиной спора? Их несколько, ниже приведены наиболее часто встречающиеся. Характерно, что некоторые из них показывают связь неисправностей с известной проблемой, которую можно сформулировать в виде вопроса – а была ли на самом деле неисправность, или владелец автомобиля ее выдумал? Здесь возможны три варианта:

- 1) признаки неисправности есть, персонал СТО их наличие подтверждает, но найти, в чем дело, не может;
- 2) признаки неисправности есть, но персонал СТО отказывается считать их за неисправность;
- 3) признаков неисправности на момент обращения на СТО нет.

Рассмотрим эти варианты более подробно.

Итак, неисправность есть, но персонал СТО оказался неспособен найти, где она, и в чем, соответственно, ее причина. Это самый распростра-

ненный случай из всех, связанных с указанными признаками. Обычно автомобиль может быть подвержен большому количеству диагностических работ почти с нулевым результатом, после чего, если действует гарантия, владелец предъявляет претензию.

В автомобиле класса SUV после пробега 15 тыс. км периодически начали проявляться признаки неисправности в виде самопроизвольного снижения частоты вращения и вибраций двигателя. Проведение диагностики не выявило отклонений, поэтому на СТО официального дилера посоветовали продолжать эксплуатацию. Однако развитие неисправности через некоторое время стало приводить к самопроизвольному останову двигателя при движении автомобиля. Поскольку дилер так и не смог выявить не только причину, но и саму неисправность, владелец, справедливо полагая, что эксплуатация автомобиля в подобном состоянии некомфортна, а может быть, даже и опасна, был вынужден обратиться в суд с требованием расторжения договора купли-продажи автомобиля как имеющего неустранимый производственный дефект.

При проведении судебной экспертизы предварительное изучение материалов дела (были приложены видеозаписи из салона автомобиля во время самопроизвольного останова двигателя) позволило выявить, что неисправность проявляется только в узком диапазоне температур окружающей среды 15–20° С. Далее в процессе осмотра автомобиля было установлено, что в блоке управления трансмиссией имеется код ошибки, связанный с неправильным сигналом датчика оборотов двигателя, передаваемого по мультиплексной сети в блок управления трансмиссией. В связи с этим двигатель был подвергнут самому всестороннему «безразборному» исследованию, от проверки узлов и деталей до многочисленных тестовых поездок, с целью добиться явных признаков неисправности, однако выявить самопроизвольный останов так и не удалось (проявлялась только кратковременная неустойчивость на холостом ходу после движения под нагрузкой).

Дальнейшие проверки были связаны с проверкой работы трансмиссии – при измерении внутреннего давления было определено, что давление выключения блокировки гидродинамического трансформатора автоматической коробки передач при снижении частоты вращения падает намного ниже регламентированных значений. После разборки коробки передач был выявлен производственный дефект, связанный с некачественной сборкой гидравлической панели управления и вызывавший утечки рабочей жидкости из магистрали управления режимом выключения блокировки гидротрансформатора.



5.52. Когда «умный» электронный прибор ничего не показывает (слева), диагностика самым простым манометром (справа) может оказаться намного информативней. Весь вопрос только в правильном применении простого прибора

В рассмотренном примере хорошо видно, что поскольку в памяти блока управления трансмиссией оказался код ошибки, дилер был вынужден признать наличие неисправности, однако найти ее не смог. Тогда вмешательство исследователей-экспертов было фактически связано именно с тем, что диагностические работы, не один раз выполненные на СТО официального дилера, никак не смогли объяснить причину сбоя в работе двигателя.

В бензиновом двигателе объемом 4,7 л большого внедорожника при малом пробеге возникла неустойчивость на холостом ходу и вибрация при движении, зажглась лампа «Check engine». Диагностика на СТО официального дилера показала неисправность кислородного датчика. После его замены «по гарантии» ситуация улучшилась, но ненадолго, и владелец обратился на СТО с повторной жалобой. В результате на автомобиле последовательно были выполнены около 100 проверок и работ, включая замену многих элементов системы управления и даже карданного вала, однако ситуация с неустойчивостью и вибрацией так и не улучшилась.

Понятно, что владелец, недовольный и автомобилем, и его обслуживанием, написал претензию о досудебном урегулировании спора. Была назначена экспертиза, которая фактически так и не смогла объективным методом выявить ни самой неисправности, ни, тем более, ее причины. И только вторая попытка оказалась условно успешной – при изучении истории автомобиля было установлено, что неисправность возникла при дальней поездке и была связана, скорее всего, с механической проблемой, вызванной применением некачественного топлива и осаждением смол и нагара на детали клапанного механизма, в том числе седла, направляющие втулки и клапаны. Однако необходимость устанавливать, действительно ли данная версия соответству-

ет причине неисправности, к этому времени отпала – в связи с готовностью продавца автомобиля к разрешению проблемы мирным путем.

В данном случае признаки неисправности в виде неустойчивости и вибрации оказались слишком явными, чтобы их можно было игнорировать. Но, как показывает практика, так бывает не всегда.

Все эти примеры объединяет невозможность определить причину неисправности вследствие сложности задачи или неспособность (иногда это может быть и нежелание) персонала СТО найти неисправность и ее причину. Кроме того, верно и обратное – если в случае самых незначительных отклонений в работе двигателя персонал СТО подтвердит их наличие или махнет рукой и выполнит гарантийные работы «из лучших побуждений», то дальше рискует получить претензию в самом полном объеме.

Так, в приведенном выше примере замена «по гарантии» кислородного датчика (а что – у нас этих копеечных датчиков целый ящик, а сколько стоит машина?) была своеобразным катализатором, после которого в решении проблемы поиска и нахождения причины неисправности уже не смогли помочь самые серьезные силы, которые были задействованы. И именно тогда обычно назначаются экспертизы, пишутся претензии, подаются заявления в суд. А кажется – достаточно только выяснить причину, почему этот копеечный датчик вышел из строя, и не исключено, что можно было бы избежать серьезных проблем...

Признаки неисправности есть, но персонал СТО отказывается рассматривать их как неисправность. Такая ситуация нередко встречается тогда, когда некоторые важные признаки неисправности на момент диагностики автомобиля отсутствуют, хотя владелец утверждает, что они, тем не менее, проявляются. В описанном выше примере с неис-

правностью автоматической коробки передач, вызвавшей самопроизвольный останов двигателя, помогло только то, что в памяти блока управления трансмиссией записывался код ошибки – если бы этого не было, неисправность вполне могла стать мнимой, поскольку на момент диагностики никаких ее признаков найти было бы невозможно.

Достаточно часто предметом спора становится расход топлива, масла или посторонний шум при отсутствии других признаков неисправности. Очевидно, если расход масла еще как-то может быть измерен (обычно это делается путем проведения достаточно долгой тестовой поездки, хотя совсем не факт, что полученные данные будут соответствовать жалобе, поскольку поездка может быть сделана при других режимах эксплуатации), то особенности измерения шума, изложенные выше в соответствующем разделе, вообще не позволяют сделать объективное сравнение с каким-либо эталоном.

Результатом всех указанных особенностей данных признаков может стать невозможность определения их причины. Если учесть, что многие автопроизводители намеренно завышают максимально допустимый расход масла и боятся претензий по посторонним шумам (например, во многих инструкциях по эксплуатации написано: максимально допустимый расход моторного масла составляет до 1,0 л на 1000 км пробега, а при обкатке еще больше, про шум же некоторые прямо указывают, что он не является признаком неисправности, если других признаков нет), то становится понятна бесполезность и бесперспективность исследований данного вида.

В результате складывается несколько парадоксальная ситуация по указанным признакам – неисправность есть только в том случае, если с наличием ее признаков согласится СТО. Если нет – не только выявить саму неисправность, но и найти какие-либо отклонения в системах становится достаточно сложной задачей.

Помимо указанных вариантов неявно выраженных неисправностей, следует указать еще на несколько конкретных примеров, когда даже признаков неисправности найти не удастся.

Основные проблемы при попытке определения мощности двигателя

Достаточно редкий случай – претензии к пониженной мощности и/или повышенному расходу топлива двигателя. Иногда такой случай может быть связан или объяснен тем, что владелец, покупая автомобиль, предполагал что-то свое, но на самом деле получил что-то не вполне соответствующее его ожиданиям. Тогда не исключено, что в один прекрасный день он выяснит, что расход топлива не 10 л на 100 км, как в инструкции по эксплуатации, а, к примеру, 12, да и разгон до 100 км/час у автомобиля происходит не за 10, а за 12 секунд.

С другой стороны, если суммировать все возможные причины падения мощности и увеличения расхода топлива, то фактически любое заметное отклонение этих параметров от нормы будет сопровождаться тем или иным отклонением в механической части, в системе управления и записью кодов ошибок. То есть фактически имеется непосредственная связь мощностных характеристик двигателя, с одной стороны, с состоянием памяти системы управления, с другой – когда ошибки являются признаками тех неисправностей, которые и вызвали ухудшение характеристик. Можно даже сформулировать и обратное – если никаких ошибок в системе управления нет, это свидетельствует о соответствии мощностных параметров и расхода топлива норме.

Однако из любого правила всегда есть исключения, и на практике встречаются ситуации, когда имеются жалобы на основные параметры двигателя, в то время как никаких других признаков, кроме самой жалобы, нет. В данном случае отсутствие каких-либо внешних признаков при жалобе на пониженную мощность и повышенный расход топлива может потребовать от исследователя проведения каких-либо специальных исследований по измерению мощности и расхода топлива.

Имеющийся на сегодня практический опыт говорит о том, что если исследователь берется за испытания двигателя, он уже заведомо не обладает, в подавляющем большинстве случаев, ни необходимой квалификацией, ни необходимым оборудованием для проведения подобных исследований. Более того, все цифры мощности, крутящего момента и расхода топлива получены всеми без исключения производителями при строго определенных условиях, которые невозможно создать или имитировать при единичных испытаниях. То есть фактически прямые измерения с целью проверки мощностных параметров, если даже они проведены, вообще ничего не говорят о том, какова на самом деле мощность двигателя, и насколько она соответствует или не соответствует условным данным, указанным в той или иной документации к автомобилю.

В инструкциях по эксплуатации некоторых автомобилей могут быть также приведены данные, которые позволяют судить о мощностных параметрах не только прямо, но и косвенно. Например, по времени разгона автомобиля с места до заданной скорости, которое, очевидно, будет тем больше, чем меньше мощность двигателя. Но на самом деле, и этот параметр также получен при большом количестве условий, включая температуру, давление окружающей среды, загрузку автомобиля, состояние шин, дорожного покрытия и т.д. и т.п. Фактически при любом способе проверки результат всегда будет содержать неопределенные погрешности измерения, которые просто сделают его недостоверным. Тем более, для измерения времени разгона автомобиля до заданной скорости

сти секундомера в руке исследователя будет явно недостаточно.

Претензия владельца нового автомобиля класса SUV касалась неудовлетворительной, по мнению владельца, динамики разгона, что могло свидетельствовать о несоответствии действительной мощности двигателя «паспортным» данным. Однако дилерская СТО, выполняя диагностику, никаких отклонений не выявила, в связи с чем в претензии владельцу было отказано. Тем не менее по претензии владельца импортер выполнил испытания и измерения динамики разгона автомобиля и установил наличие некоторого несоответствия, которое было объяснено очевидной разницей в условиях проведенных испытаний с заводскими. На основании этого в претензии владельцу снова отказали.

Надо ли говорить, что основные баталии «дела о потерянной мощности» развернулись в суде. Но понятная судебная процедура сразу же натолкнулась на серьезные проблемы – оказалось, что практически невозможно найти судебного эксперта, способного не только провести ходовые испытания динамики разгона, но и дать полученным данным мало-мальски обоснованную сравнительную оценку и объяснение. По той же причине не удалось использовать мощностной стенд. Дело дошло до привлечения к экспертизе серьезных научно-исследовательских центров с задачей... полной разборки нового автомобиля и установки двигателя с системами впуска, выпуска, управления и проч. на специализированный лабораторный испытательный стенд.

В конечном счете запланированных экспертиз провести не удалось – ввиду их чрезвычайно высокой стоимости. Рассматривались и альтернативные варианты, в том числе демонтаж

двигателя с отправкой его (вместе с экспертом) в заграничную заводскую испытательную лабораторию. Но и эти варианты так и не были реализованы – по той же причине. В конце концов, как это иногда бывает, решение фактически было принято «по внутреннему убеждению» суда...

Приведенный пример со всей очевидностью подтверждает не только спорность результатов подобных исследований, но и показывает, что существуют некие пределы исследований, за которые грамотный исследователь предпочтет не заходить. В противном случае его профессиональная компетентность может оказаться под большим вопросом. Как и репутация специалиста. В данном случае задача определения действительной мощности двигателя и сравнение ее с некими «паспортными» данными относится именно к такой «запредельной» области.

Особенности измерения повышенного расхода топлива

Не лучше выглядит и ситуация с повышенным расходом топлива. Некоторым исследователям кажется, что ничего не может быть проще, чем залить в пустой топливный бак мерное количество топлива, а после того как оно закончится, слить остаток и легко подсчитать расход. На самом деле, приводимые в технических характеристиках автомобиля данные расхода топлива еще больше являются условными цифрами, нежели мощностные параметры – они получены при достаточно жестких условиях, в том числе ездовых циклов, воспроизвести которые при произвольно организованных измерениях в принципе невозможно.

Действительно, расход топлива определяется производителем по результатам дорожных и стендовых испытаний по специальным методикам и программам, имитирующим условия эксплуатации автомобиля в городе, вне города и в смешанном цикле. Эти данные могут служить только для сравнительной оценки топливной экономичности различных моделей автомобилей, для которых данные о расходе топлива получены по таким же стандартным методикам и в тех же условиях. Перенесение этих норм на реальные условия эксплуатации конкретного автомобиля является совершенно недопустимым, а результат измерения расхода топлива конкретного автомобиля заведомо не будет соответствовать нормам.

Действительно, на фактический расход топлива влияет не только конструкция автомобиля, но множество иных факторов, в том числе:

- 1) состояние дорог;
- 2) природно-климатические условия;
- 3) техническое состояние автомобиля (двигателя, трансмиссии, рабочей и стояночной тормозной системы, ступиц колес и др.);
- 4) манера и навыки вождения;



5.53. Роликовый мощностной стенд для измерения мощности двигателя – хороший недорогой инструмент. Жаль только, что результаты замеров не имеют практически никакого отношения к «паспортным» данным испытуемого автомобиля

- 5) скоростной режим движения;
- 6) весовая нагрузка (масса пассажиров и багажа);
- 7) установка на автомобиль дополнительного оборудования;
- 8) режим использования штатного и дополнительного оборудования автомобиля;
- 9) использование полного привода или привода на одну ось;
- 10) используемые шины и давление в шинах;
- 11) установка дополнительного оборудования и изменение комплектности автомобиля, влияющие на коэффициент аэродинамического сопротивления C_w ;
- 12) использование пониженных или повышенных передач в трансмиссии;
- 13) частота и интенсивность ускорений и торможений при движении автомобиля;
- 14) частота пусков и остановок двигателя;
- 15) температурный режим работы двигателя;
- 16) сезонное применение бензинов по классам испаряемости и др.

А какое значение имеют отдельные условия проведения испытаний автомобиля на его топливную экономичность? Вот только некоторые из этих условий. Действительно, температура окружающего воздуха должна быть от $+5...35^{\circ}\text{C}$, барометрическое давление – $91...104\text{ кПа}$, плотность воздуха не должна отличаться более, чем на $7,5\%$, а относительная влажность не должна превышать 95% . Эти условия могут быть обеспечены при кратковременных испытаниях, но не могут быть выполнены в процессе сравнительно длительной эксплуатации автомобиля, в том числе при суточных колебаниях температуры и влажности (при отклонении фактической температуры от $+20^{\circ}\text{C}$, а также давления и плотности окружающего воздуха в течение даже нескольких часов должен проводиться корректирующий перерасчет потребления топлива по специальной формуле и в зависимости от метода измерения – весовой или объемный).

Испытания на топливную экономичность проводятся при закрытых окнах, выключенной системе отопления салона и отключенной системе кондиционирования. Давление воздуха в шинах должно соответствовать нормам производителя, а глубина рисунка протектора должна составлять $90...50\%$ первоначальной глубины. Топливо, применяемое при испытаниях, должно иметь характеристики, соответствующие характеристикам эталонного топлива ЕКС (Европейский координационный совет). Двигатель при проведении испытаний должен иметь рабочую температуру, испытания не проводятся при холодном или прогреваемом двигателе.

Но и этого мало. При испытаниях на топливную экономичность расход топлива должен определяться специальным расходомером с погрешностью до $\pm 2\%$, а питание двигателя топливом в ходе испытаний должно производиться по специально-

му измерительному контуру, что предусматривает внесение специальных изменений в конструкцию топливной системы автомобиля. Поверхность дороги должна быть в хорошем техническом состоянии, сухой и чистой. Средняя скорость ветра не должна превышать 3 м/с , а его порывы – 8 м/с . При испытании автомобиль движется по кольцевой или по прямолинейной дороге последовательно в двух направлениях, наклон дороги не должен превышать $\pm 2\%$, а скорость движения автомобиля в процессе испытаний должна быть постоянной в пределах $\pm 2\text{ км/ч}$, что требует применения специального прибора для измерения скорости (штатный спидометр автомобиля не обеспечивает такую точность измерения скорости движения) и устройств для ее поддержания.

Очевидно, реальные дорожные условия в эксплуатации заведомо отличаются и всегда будут отличаться от «идеальных» условий проведения испытаний. Более того, в реальной эксплуатации указанные условия, как правило, не только не выполняются, но большинство из них не может быть выполнено в принципе. В результате ни лицо, эксплуатирующее автомобиль, ни исследователь, берущийся за измерение расхода топлива, не могут обеспечить выполнение этих условий. В таком случае определение фактического расхода топлива автомобиля не имеет никакого технического смысла, так как условия проведения испытаний, при которых получены цифры расхода топлива, заведомо не выполняются. Исходя из этого, можно утверждать, что никакие сведения об отклонении в расходе топлива в эксплуатации автомобиля не могут считаться объективными. Разумеется, если все системы автомобиля в норме.

Понятно, что очевидные вроде бы истины совершенно неочевидны для тех «грамотных» и «продвинутых», кто с удовольствием готов выполнять любую, даже самую бессмысленную работу. Между тем задача исследователя – найти конкретные отклонения в работе двигателя как признаки неисправности и определить причины этой неисправности, а не заниматься изысканиями в областях техники, где у такого «исследователя», как правило, нет ни опыта, ни испытательной лаборатории, ни оборудования, ни методик. И хотя подобного типа «исследования» иногда еще встречаются, тенденции последних лет говорят о том, что повышение в целом научно-технического уровня работ постепенно может все же вытеснить их из практики экспертных исследований.

Роль базовых знаний основ диагностики в правильном определении неисправностей, связанных с потерей мощности, неустойчивой работой и повышенным расходом топлива

Несмотря на то что ожидать от эксперта-исследователя способностей полностью заменить диагноста на посту диагностики СТО при выполнении

экспертных исследований не следует, некоторые диагностические знания для исследователя необходимы. Например, умение читать данные диагностики, расшифровывать коды ошибок, понимать смысл проверок и т.д. Иногда даже не самые глубокие знания и навыки позволяют посмотреть на проблему «свежим взглядом», что может помочь в ее оптимальном решении. Однако для эксперта-исследователя наличие базовых знаний по основам диагностики двигателей следует считать обязательным, в противном случае работа по определению причин неисправности двигателей, а тем более – связанных с потерей мощности и неустойчивой работой, будет бессмысленной.

Первое, о чем необходимо помнить при диагностике и определении причины подобных неисправностей, это важность разделять их источник – являются ли характерные внешние проявления, при их наличии, следствием неисправностей в механической части двигателя, или все указанные признаки вызваны неисправностью в системе управления двигателем?

На самом деле не только ответ, но и сама постановка данного вопроса имеет ключевое значение для определения причины неисправности. Так, при наличии неисправности в системе управления даже полная разборка двигателя до последнего болта не приведет к определению причины неисправности – более того, как показывает практика, проблема только усугубится. Поскольку речь идет о работоспособном (в целом) двигателе, при наличии признаков потери мощности и неустойчивой работы нельзя пытаться найти причину путем разборки двигателя, напротив – все разборные методы следует полностью и сразу исключить до локализации неисправности и начинать исключительно с так называемых безразборных методов диагностики.

С другой стороны, в подавляющем большинстве случаев, когда неисправность в механической части вызывает подобные признаки, им сопутствуют и другие – например, шумность (посторонние шумы и стуки) и дымность. Тогда именно эти признаки и становятся главными. Если же кроме потери мощности, повышенного расхода топлива и неустойчивости работы на холостом ходу никаких других признаков нет, то первое, с чего следует начинать исследование, – это локализация неисправности, т.е. определение, есть ли она на самом деле и где она находится в общем случае, в механической части или в системе управления?

Несмотря на то что нахождение неисправности в механической части в конечном счете потребует для точного определения ее причины достаточно сложных работ по разборке двигателя, установить, где находится такая неисправность, в большинстве случаев несложно – часто для этого вполне достаточно провести сравнительное измерение компрессии во всех цилиндрах. Тогда тот цилиндр, где величина компрессии окажется заметно ниже

остальных, скорее всего, и содержит искомую проблему. Далее полезно провести осмотр цилиндра эндоскопом, чтобы сделать предварительный вывод о причине неисправности.

Однако не всегда измерение компрессии позволяет найти искомую причину. Например, в механизмах привода клапанов гидрокомпенсаторами неравномерный износ тыльной стороны кулачка распределительного вала нередко приводит к парадоксальному результату – хотя гидрокомпенсатор, отслеживая профиль тыльной стороны кулачка, фактически держит клапан приоткрытым, компрессия в данном цилиндре при измерении будет снижена лишь незначительно, тем не менее цилиндр работать на холостом ходу не будет. Найти подобные неисправности в механической части крайне непросто – здесь главным является опыт исследователя, а единственным положительным моментом может быть только сравнительно большая редкость подобных случаев.

Еще одной трудностью в определении причины неисправности, способной вызвать потери мощности, является не всегда грамотное использование компрессометра и особенно – объяснение результатов измерений компрессии. Действительно, при выполнении измерений необходимо соблюдать ряд хорошо известных условий (например, двигатель должен быть теплым, а подача топлива отключена), а также правильно представлять результаты измерений, ориентируясь не на абсолютную, а исключительно на относительную (разницу по цилиндрам) величину компрессии. Но даже это не гарантирует, что отклонения в измеренной компрессии действительно свидетельствуют о неисправности, или наоборот – отсутствие проблем с компрессией показывает на отсутствие неисправностей.

Характерным примером является состояние двигателя после незапуска при низкой температуре окружающей среды. Понятно, что подача топлива в цилиндры при отсутствии воспламенения может привести к смыванию масла со стенок – тогда последующее измерение компрессии покажет просто нереально низкие давления и тотальную неисправность во всех цилиндрах.

Бензиновый двигатель 2,5 л автомобиля бизнес-класса после окончания гарантии не завелся в сильный мороз, и владелец с помощью эвакуатора доставил автомобиль на ближайшую СТО. Разбираясь с причиной незапуска, диагност решил провести измерение компрессии, которое показало, что давление во всех цилиндрах не превышает 5 бар. Несмотря на понятные причины, такой результат несколько не удивил «электронного» диагноста, и на этом основании владельцу было предложено провести «капремонт полностью изношенного двигателя»...

Еще пример – измерение компрессии без отключения топлива наверняка приведет к критиче-

скому падению компрессии во время ее измерения в самом последнем цилиндре, в котором не вполне грамотный специалист может на полном серьезе начать искать неисправности.

Все это говорит о том, что даже простая операция по измерению компрессии требует аккуратности и опыта, хотя сам компрессометр остается чрезвычайно простым и доступным прибором. Другими словами, компрессометр обычно не показывает саму неисправность, чаще он способен только указать на ее место. А может даже и этого не показать. В связи с чем полагаться только на компрессию нельзя, необходимо подстраховаться показаниями и данными других приборов и средств, например, с помощью эндоскопа можно увидеть состояние стенок цилиндров и камер сгорания, что подтвердит или, наоборот, опровергнет сделанное на основании измерения компрессии предварительное заключение о причине неисправности.

Так или иначе, даже если найдена явно видимая проблема с механической частью, которая и вызвала потери мощности, бросаться разбирать двигатель еще рано. Скорее всего, неисправности механической части, особенно те, которые вызывают неустойчивую работу, уже записаны в памяти блока управления двигателем.

Действительно, падение компрессии в одном из цилиндров вызывает пропуски воспламенения, которые прямо влияют на безопасность каталитического нейтрализатора, вызывая перегрев его керамических сот при догорании в них несгоревшего топлива. Такие неисправности не только фиксируются блоком управления как ошибки, но и выводятся в виде сигнала лампы неисправности на панели приборов. Как и все прочие, если они могут повлиять на экологические характеристики автомобиля. Следовательно, проведение в описанной ситуации каких-либо работ по разборке узлов двигателя для определения причины падения мощности без полной диагностики системы управления просто не имеет смысла – потом, когда окажется, что был разобран в целом исправный двигатель, все это будет свидетельствовать лишь о непрофессионализме исследователя.

Прочие особенности диагностики, о которых полезно знать эксперту-исследователю, если он занимается исследованием причин неисправности двигателей, изложены ниже.

5.2.2.6 Специфика внешних признаков неисправностей двигателя, в том числе в начальный период эксплуатации

Как известно, в длительной нормальной эксплуатации одним из основных факторов, определяющих ресурс и надежность двигателя и его деталей, является естественный износ деталей. В дополнение к нему воздействие внешних факторов способно провоцировать различные повреждения

и их дальнейшее развитие, вплоть до разрушения деталей и выхода двигателя из строя.

Характерно, что внешние признаки возникающих при этом многочисленных неисправностей могут быть одинаковыми для совершенно разных неисправностей, что не только значительно усложняет сам процесс исследования, но и делает затруднительным даже выдвижение на предварительном этапе исследований какой-либо рабочей версии причины неисправности. В результате приходится рассматривать большое количество возможных причин неисправности и выполнять трудоемкий сравнительный анализ их признаков на соответствие имеющимся, причем такая работа нередко возможна только вместе с исследованием деталей разобранного двигателя, рабочих жидкостей, топлива, масла и т.д.

Несколько иная картина возникает в начальный период эксплуатации автомобиля, например, после обслуживания или ремонта, когда причины неисправностей двигателя, как правило, оказываются достаточно специфичными. Это связано с тем, что фактически в начальный период еще остается велико влияние на работу двигателя так называемых начальных условий – микро- и макрогеометрии деталей, свойств их материала, характера сопряжения деталей и т.д., что составляет факторы, зависящие от качества деталей и выполнения сборки двигателя. Далее, в процессе длительной эксплуатации, если двигатель был собран правильно, влияние начальных условий достаточно быстро уменьшается, и через несколько десятков тысяч километров пробега автомобиля оно перестанет оказывать влияние на состояние деталей и двигателя в целом.

А каким может быть этот начальный период? Можно приближенно его определить, если допустить, что произошел некий выход двигателя из строя, причем:

- 1) это связано с разрушением какой-либо детали;
- 2) а как известно, все разрушения в ДВС имеют усталостный характер;
- 3) также известно, что усталостное разрушение обычно происходит при количестве циклов 10^4 – 10^7 критической циклической нагрузки;
- 4) разрушение в начальный период может быть вызвано ослабленным сечением или недостаточно прочным материалом детали, эксплуатационные повреждения маловероятны, поэтому исключены из рассмотрения.

Тогда, если взять среднюю скорость автомобиля 40 км/ч, а среднюю частоту вращения коленчатого вала 1500 об/мин, то пробег до выхода из строя окажется в пределах до 4500 км. Практика вполне подтверждает эту цифру – подавляющее большинство неисправностей, связанных с начальным периодом, вполне укладывается в этот диапазон пробега (из которого совсем критическими являются первые 1 тыс. км), если не считать достаточно редких случаев поломок до 10 тыс. км пробега,

и даже до 20 тыс. км. Но так или иначе, а после 20 тыс. км пробега ожидать, что причина неисправности окажется связанной с производством или ремонтом, можно только в порядке самого большого исключения, требующего от исследователя значительных сил и времени для доказательства.

Отсюда следует весьма важный для любого исследователя вывод – если неисправность возникла в указанный начальный период эксплуатации, значит, не исключено, причина неисправности кроется в том процессе, который происходил до начала эксплуатации двигателя. А важное следствие этого вывода такое: без учета истории автомобиля, только по имеющимся на момент неисправности признакам, оторвав автомобиль от его эксплуатации, как это привыкли делать некоторые наиболее «продвинутые» исследователи, причину неисправности правильно не выявить.

Если же начальные условия учесть, то в случае, когда что-то произошло с двигателем, к примеру, через 100–1000 км после ремонта, исследователю должно быть сразу понятно, где надо в первую очередь искать причину – еще даже до проведения самих исследований.

Особенности проявления неисправностей двигателя после ремонта

Вообще неисправности, вносимые в двигатель при ремонте, представляют собой отдельную проблему, которая подробно еще будет рассмотрена ниже. В то же время на этапе предварительного исследования технического состояния неисправного двигателя желательно представлять причины подобных неисправностей хотя бы в общих чертах.

Распространено мнение, что для правильного выполнения обслуживания и/или ремонта двигателя вполне достаточно овладеть необходимыми технологиями, в том числе оснаститься нужным оборудованием, инструментом, литературой. И этого вполне достаточно для качественного выполнения работ. Однако практика показывает, что на самом деле одних технологий мало...

Например, есть немало ситуаций, когда исполнителю приходится отвлекаться от работы. А работа автомеханика, как известно, требует особой аккуратности, когда цена невнимательности может оказаться весьма высокой – незатянутые болты легко спровоцируют выход двигателя из строя с непредсказуемыми последствиями.

В самом деле, причинно-следственная связь ремонтных работ с неисправностью после ремонта будет вполне ожидаемой, если двигатель после ремонта проработал, к примеру, несколько сотен километров пробега автомобиля, после чего вышел из строя. Иногда это может быть даже не ремонт, связанный с большим объемом слесарно-сборочных работ, а банальное техобслуживание. Тогда сразу встает вопрос – а почему неисправность не проявилась до ремонта, а случилась именно после него? Совпадение? Вряд ли... По крайней мере, при

исследовании причин неисправности это должно быть проверено со всей тщательностью.

Отсюда следует, что ожидать неисправностей после ремонта надо именно в тех местах, где при выполнении работ могли быть допущены ошибки. Как пример выше – незатянутые болты. Хотя практика показывает, что тривиальными вещами типа незатянутых болтов и гаек ошибки при ремонте и обслуживании двигателя не ограничиваются. Поскольку для исследователя важно представлять, где в двигателе можно найти неисправность, то для выявления специфических неисправностей, связанных с ремонтом, необходимо рассмотреть все возможные источники таких неисправностей. Как правило, это ошибки, допускаемые персоналом при выполнении работ, в том числе:

- установка в двигатель старых неотремонтированных или незамененных деталей, пропущенных при дефектовке;
- установка некачественно отремонтированных деталей;
- установка некондиционных новых деталей;
- затяжка резьбовых соединений нерекондуемыми моментами;
- «забывчивость» моториста, когда какие-то операции или детали не контролируются вовсе;
- некавалифицированная работа, когда заведомо нарушены технологии ремонта.

Все эти ошибки, очевидно, приведут в лучшем случае к снижению ресурса отремонтированного двигателя, в худшем – к его досрочному выходу из строя и, как следствие, к сложному и дорогому повторному ремонту.

Это совсем краткое описание ремонтных проблем исследователю уже говорит о многом, и самое главное – показывает, где можно ожидать проблем, если двигатель автомобиля только недавно из ремонта. А таких случаев в практике исследований встречается много.

Двигатель автомобиля Rover 825 1997 года выпуска проходил капитальный ремонт, а через 1000 км пробега произошло полное разрушение шатуна, поршня и гильзы одного из цилиндров. Владелец предъявил СТО претензию и потребовал гарантийного ремонта. Однако ему было отказано на том основании, что при выполнении ремонта он был поставлен в известность о необходимости (и даже расписался, т.е. разрешил) нарушения технологии производителя автомобиля.

Согласно этой «директивной» технологии, требовалась замена шатунно-поршневой группы в сборе, однако на момент ремонта найти оригинальные запчасти оказалось уже невозможно (слишком старый автомобиль), и единственным выходом было заменить поршни на шатунах. А именно эта операция и была запрещена в руководстве по ремонту автомобиля его производителем.



5.54. 1000 км пробега после ремонта оказалось достаточно, чтобы потерявший натяг в верхней головке шатуна палец сместился до упора в гильзу цилиндров (борозда на гильзе слева), а его кромка оказалась на внутреннем краю бобышки поршня. Дальнейшее разрушение поршня стало после этого вполне предсказуемым

При исследовании неисправности двигателя выяснилось, что причиной разрушения было нарушение не технологии производителя, а общепринятой технологии сборки поршней с шатунами – головки шатунов были банально перегреты газовой горелкой, практически все поршневые пальцы потеряли натяг в отверстиях верхних головок шатунов и сместились вбок до упора в гильзу, одновременно выйдя на край отверстия бобышки поршней, что закономерно привело к разрушению одного из поршней вследствие невозможности длительно выдерживать возникшие при этом критические нагрузки.

Понятно, что если критическая нагрузка возникла с самого начала эксплуатации после ремонта, то двигатель обречен, и поломка произойдет быстро. Фактически двигатель оказывается на

грани работоспособности – настолько быстро развивается разрушение. Вот еще один похожий случай:

После шлифовки коленчатого вала дизельный двигатель грузового автомобиля был собран со всеми новыми запчастями, включая вкладыши и цилиндропоршневую группу, а также масляный насос. Однако после пробега 200 км в двигателе появился посторонний шум, а при разборке выявилось, что практически все вкладыши коленвала в разной степени повреждены.

При исследовании причин неисправностей в связи с очень малым временем между ремонтом и фактическим выходом двигателя из строя было сделано предположение о прямой причинно-следственной связи ремонта с отказом. И действительно, при осмотре коленчатого вала



5.55. Хорошие с виду шейки коленвала (слева) оказались «с секретом» – чрезвычайно грубая их шлифовка при ремонте (справа) закономерно привела к выходу двигателя из строя через 200 км пробега автомобиля

была обнаружена причина неисправности – чрезвычайно грубая шлифовка шеек, больше похожая на черновое точение, что вызвало значительное снижение несущей способности подшипников при нормальном давлении и подаче масла, продавливание масляной пленки до непосредственного соприкосновения вала со вкладышами и повреждение вкладышей.

Но так бывает не всегда. В некоторых случаях процесс разрушения растягивается по времени. Причем чем дальше от ремонта, тем меньше влияние на двигатель начальных условий (собственно ремонта) и тем больше влияние эксплуатации в виде неблагоприятных внешних условий и различного рода повреждений. Поэтому, если до проявления признаков неисправности автомобиль имел сравнительно большой пробег после ремонта, исследователь уже не сможет действовать с внешними признаками так же уверенно, как в рассмотренных выше случаях. Теперь, чтобы определить причину или даже хотя бы выдвинуть ее рабочую версию, придется аккуратно рассматривать и анализировать признаки всех причин – и производственных, и «ремонтных», и эксплуатационных.

Специфика признаков производственных дефектов

В определенной мере некоторые рассмотренные особенности (закономерности) неисправностей после ремонта соответствуют и производственным дефектам, характерным для новых автомобилей. Это не удивительно, поскольку ремонт – это то же самое производство, только со своей спецификой (за что его и называют ремонтным производством).

Основное отличие производства от ремонта (или первичного производства от ремонтного) – в автоматизации работ и практическом отсутствии ручного труда на подавляющем большинстве опе-

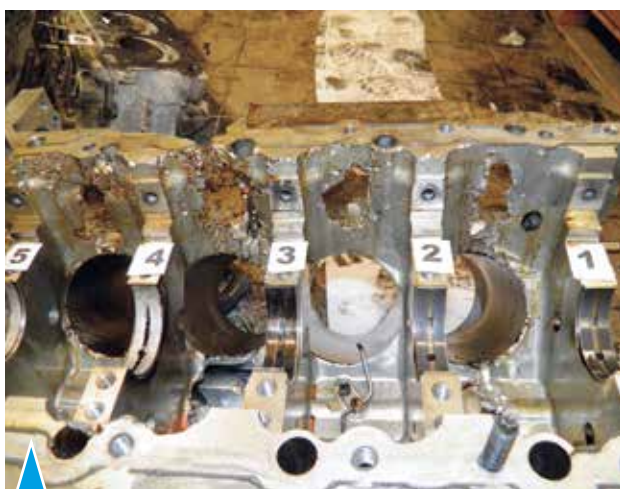
раций, а также очевидное отсутствие каких-либо старых деталей. В этом случае «человеческий фактор», нередко преобладающий в дефектах ремонтного производства, уйдет, а перечень ошибок, характерных для ремонта, в производстве сильно сократится и преобразуется в следующий довольно короткий список:

- установка некондиционных деталей, в том числе с дефектами материала или механической обработки;
- различные нарушения технологии сборки.

Другие виды дефектов, которые при массовом выпуске продукции можно смело записать в ряд экзотических, сюда не включены (например, о конструктивных дефектах пойдет речь в следующих разделах), но уже из сравнения с ремонтом можно ожидать и похожих результатов – дефекты производства, скорее всего, тоже ожидаемо проявятся при не слишком больших пробегах. Вот только несколько примеров.

Автомобиль высокого класса с бензиновым двигателем V-8 почти сразу после приобретения владельцем отправился в дальнее путешествие, однако до места назначения так и не доехал – при пробеге около 1000 км в движении произошло падение мощности и воспламенение двигателя. Владелец едва смог остановиться, а водители оказавшихся близко автомобилей помогли потушить пожар.

При исследовании причины неисправности в связи с малым пробегом была выдвинута версия о производственном дефекте, однако найти причину и определить, где и в какой именно детали этот дефект находится, оказалось очень непросто. Тем не менее, несмотря на катастрофический масштаб разрушений (было разрушено пять шатунов из восьми) и отсутствие важных фрагментов деталей (в блоке цилиндров оказалось восемь огромных пробоин, через которые часть деталей была



5.56. Полное разрушение двигателя V-8 (слева) через 1000 км пробега нового автомобиля произошло вследствие усталостного разрушения одного из поршневых пальцев, имевшего производственный дефект в виде двойной галтели в отверстии (справа)

выброшена на дорогу), было установлено, что причиной разрушений был производственный дефект поршневых пальцев – при обработке ступенчатой поверхности отверстия пальцев был искусственно создан концентратор напряжений в виде «двойной» галтели, которая значительно ослабила пальцы и привела к разрушению одного из них...

Данный пример очень хорошо иллюстрирует скоротечность развития подобных дефектов – в полном соответствии с теорией усталости, дающей максимальный пробег до разрушения не более 4500 км. Однако в случае если речь не идет об ослаблении детали, пробег до отказа двигателя обычно превышает эту цифру.

Автомобиль бизнес-класса с бензиновым двигателем 2,4 л после приобретения владельцем проехал немного, и до первого ТО (10 тыс. км) даже не доехал – при пробеге около 8 тыс. км во время запуска в условиях низких температур (около -15°C) двигатель заклинил. При исследовании причины неисправности двигатель был демонтирован и разобран, после чего обнаружилось, что шатунный вкладыш на одной шейке коленвала приварился рабочим слоем к валу и прокрутился в отверстии кривошипной головки шатуна.

Поскольку все остальные вкладыши были в идеальном состоянии – без каких-либо даже малейших следов контакта с валом, риск, задиров и/или прочих повреждений, причина могла быть определена только как производственный дефект, выразившийся в недостаточном рабочем зазоре шатунного подшипника.

Практика показывает, что несмотря на отсутствие упоминаний в известных источниках, такие случаи на практике совсем не редкость – вот еще один.



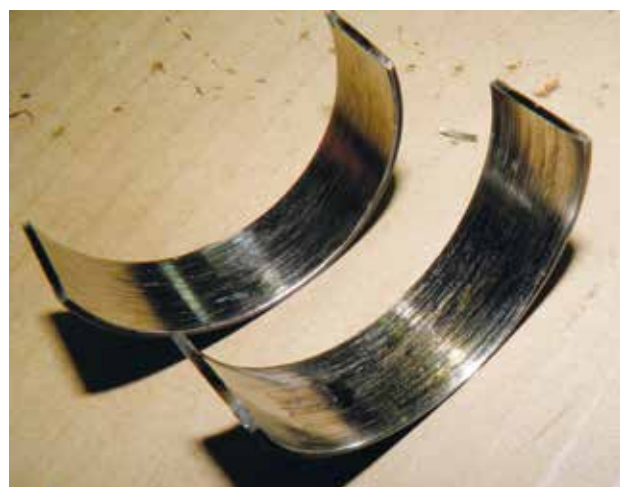
5.57. Заклинивание шатунного подшипника при запуске в условиях низких температур произошло при достаточно большом пробеге 8 тыс. км, причем от отказа не спасло даже масло со сверхнизкой вязкостью

Автомобиль класса SUV после приобретения владельцем смог проехать около 10 тыс. км, причем никаких признаков неисправности владельцем за время эксплуатации не отмечено. Однако это не помешало двигателю в самый обычный день при подъезде к светофору заклинить. После разборки выяснилось, что в один из подшипников выпускного распредвала попал посторонний предмет.

Поскольку владелец даже при всем своем желании, с помощью ключа зажигания, педалей и/или руля в принципе не был способен осуществить подобную процедуру, неисправность по всем имеющимся признакам была выявлена как производственный дефект – в каналах маслосистемы при сборке двигателя остался посторонний предмет (стружка), который при каких-то условиях был подхвачен потоком масла и вызвал заклинивание в подшипнике.

Как и в ремонте, при увеличении пробега автомобиля с момента начала эксплуатации до возникновения отказа подобного рода можно выдвигать любые версии, но чем больше пробег, тем, как правило, меньше шансов, что речь идет о производственном дефекте. В результате, если при поломке через 1 тыс. км основной версией исследователя, скорее всего, станет производственный дефект, то при пробеге, к примеру, 20 тыс. или 30 тыс. км этот дефект, скорее всего, будет уже на самом последнем месте, уступив место эксплуатационному повреждению или, после изучения истории автомобиля, дефекту ремонтного производства.

С другой стороны, объем исследований при таких пробегах до отказа тоже резко возрастает – действительно, при большом пробеге с момента начала эксплуатации приходится, как уже говорилось выше, рассматривать все возможные версии, давать сравнение всех имеющихся признаков с характерными признаками каждой версии.





5.58. Попадание постороннего предмета в подшипник распределвала (справа) после 10 тыс. км пробега автомобиля произошло из полости самого вала (слева), однако точно определить место, откуда прибыл посторонний предмет, не удалось. Тем не менее дефект был признан производственным, поскольку водителю даже при желании такую операцию внедрению предмета в подшипник не выполнить

И лишь только после этого можно рассчитывать на правильное определение причины неисправности. Для такой работы одних только внешних признаков уже совершенно недостаточно – даже для выдвижения рабочей версии неисправности потребуется разбирать двигатель, проводить измерения деталей и другие исследования. Об этом как раз и пойдет речь в следующих разделах.

5.2.3 Инструментальная диагностика как этап локализации причины неисправности*

Несмотря на то что исследователь-эксперт не обязан быть профессиональным диагностом электронных систем автомобиля, чтобы находить причины неисправностей, он, тем не менее, должен понимать в этом деле в том объеме, который был бы достаточен для проведения или хотя бы объяснения результатов таких исследований. К сожалению, на практике некоторые из наиболее «грамотных» экспертов, не говоря уже о «продвинутых», даже 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 причины неисправности двигателя исследователь пренебрег анализом результатов диагностики, вполне можно предположить, что техническая подготовка такого «исследователя» сильно страдает вместе с его компетентностью, даже несмотря на, возможно, серьезное базовое образование.

С другой стороны, на вопрос, зачем нужен эксперт-исследователь, если есть хороший диагност,

* Раздел подготовлен под редакцией С.П. Газетина.

было дано сразу несколько ответов выше – диагност, обладая всей необходимой информацией и оснащенный всеми необходимыми техническими средствами, далеко не всегда способен найти причину неисправности. И дело не только в том, что диагност может быть ограничен в своих возможностях алгоритмами и указаниями производителя автомобиля, которых нет у независимого исследователя. Даже если диагност и найдет причину, он остается работником одной из сторон возможного спора, когда многие возможные причины неисправности и/или сопутствующие ей факторы могут оказаться под прессом профессиональной и/или корпоративной этики.

Другими словами, диагност при поиске причин неисправности эксперта-исследователя заменить никак не может. Но вполне может дополнить, если исследователь сможет правильно использовать данные диагностики. А для этого исследователю надо хорошо знать предмет, о котором идет речь.

Практика эксплуатации и ремонта двигателей показывает, что на поиск причины неисправности нередко уходит больше времени, чем на ее устранение. А если, помимо самой неисправности, еще имеется и спор по причине ее возникновения, то сроки вообще невозможно спрогнозировать. Как и убытки сторон спора. В связи с этим квалификация всех специалистов, занятых выяснением причины, и техническое оснащение процесса поиска должны быть очень высоким.

Помимо этого, из той же практики следует, что чем сложнее агрегат или система, тем важнее и сложнее именно эта стадия. Ошибка при установлении причины неисправности ведет не только к дополнительным затратам труда и денег, включая стоимость неоправданно выполненных ремонтных и прочих работ и использованных запчастей (а она может быть во много раз выше реально необходимой), но и к отмеченным выше

убыткам сторон спора. Более того, иной исследователь даже после разборки узла неспособен толком объяснить, в каком сопряжении деталей реально находится причина (источник) неисправности, чем она вызвана и с чем связана. Поэтому та часть исследования, которая в перечне работ, выполняемых в рамках технического обслуживания и ремонта, называется диагностикой и позволяет без снятия и разборки узлов выяснить их техническое состояние, имеет очень важное значение и для диагноста, и для исследователя-эксперта.

На практике диагностика используется не только для поиска неисправности (хотя эта функция диагностики преобладающая). В ходе планового технического обслуживания автомобиля иногда делают профилактическую диагностику, чтобы выявить скрытые неисправности, не проявляющие себя до поры до времени. И именно эти данные, развернутые во времени и в истории автомобиля, нередко составляют одно из главных слагаемых успешной работы исследователя-эксперта.

Чтобы понять роль и место диагностики в исследовании причин неисправностей двигателей, необходимо сделать небольшой экскурс в историю.

Диагностика двигателя вообще вышла на первый план сервисных и ремонтных задач постепенно и сравнительно недавно. Это произошло из-за непрерывного совершенствования и усложнения конструкции самого двигателя и всех его систем. В прошлом моторный агрегат был относительно незатейливым: зажигание контактное, питание карбюраторное, да и механика двигателя без особых тонкостей. Все это не требовало особо сложной и дорогостоящей аппаратуры для поиска неисправностей – вполне хватало компрессометра, стробоскопа и стетоскопа для прослушивания шумов двигателя (чем не набор для исследователя-эксперта?), к которым позже, с появлением и ужесточением экологических требований, прибавился газоанализатор для определения состава выхлопных газов.

Такой набор был достаточен до тех пор, пока повсеместное ужесточение норм токсичности выхлопа не заставило отказаться от карбюраторов. Системы топливоподачи и зажигания стали электронными, появился электронный блок управления (бортовой компьютер) со своей информационной базой и периферией – в виде датчиков расхода, давления и температуры воздуха, детонации, положения коленчатого и распределительного валов, угла открытия дроссельной заслонки и т.д. Дальнейшие шаги в борьбе за экологию выглядели еще серьезнее: применение 3-компонентных нейтрализаторов выхлопных газов, введение регулирования угла опережения зажигания и подачи топлива с обратной связью по количеству кислорода в выхлопных газах (так называемого λ -регулирования) и детонации, управление регулированием фаз газораспределения, турбонаддувом, управление системой рециркуля-

ции выхлопных газов, инжектирование в систему выхлопа вторичного воздуха, улавливание паров топлива. Разумеется, все это было достигнуто значительным усложнением электронных систем управления.

Очевидно, что вместе с этим существенно усложнилась и конструкция двигателей. Широкое распространение получили многоклапанные головки блока цилиндров, впускные и выпускные системы сложной конфигурации. Не редкость регулирование фаз газораспределения, все чаще применяются схемы V6 или V8 там, где раньше устанавливались двигатели с меньшим числом цилиндров.

Очевидно, поиск неисправностей в электронных системах управления таким двигателем резко усложнился и потребовал приборов, сопоставимых по уровню сложности с проверяемыми. Такую диагностику можно назвать электронной: она позволяет анализировать электронные системы управления при помощи электронного же диагностического оборудования. Но это не отменяет и не заменяет диагностику механической части двигателя, для которой в арсенале остались традиционные средства.

Типичная картина – владелец автомобиля после посещения СТО пребывает в недоумении – «сделали компьютерную диагностику, сказали, что все в порядке, а двигатель как стучал, так и стучит!». Это характерный пример заблуждений многих владельцев и даже работников СТО: дескать, электронная диагностика может все.

У многих исследователей-экспертов можно выявить другую, прямо противоположную «болезнь» – диагностика вообще не нужна, надо сразу разобрать двигатель, и причина сама по себе обнаружится. В действительности же дело обстоит совершенно не так – и диагностика сама по себе не помогает, и в механической части двигателя тоже ничего само по себе не обнаруживается. Истина, как всегда, оказалась где-то посередине.

В самом деле, подключение электронных приборов к диагностическому разъему современного автомобиля и считывание данных из памяти бортового компьютера не позволяют обнаружить не только многие неисправности механической части двигателя, но и многое из того, что относится к самой электронике. Несмотря на это, простейший компрессометр большинством «электронных диагностов» уже изрядно подзабыт, а он бы помог вполне надежно распознать многие беды поршневой группы и газораспределительного механизма, причем альтернативы этому прибору явно нет, и выбрасывать его «на свалку истории» еще рано. В результате возможны различные ошибки в определении причины неисправности – от замены «не того» датчика до необоснованной разборки исправного двигателя. Причем характерные как для диагноста, так и для исследователя-эксперта.



5.59. Электронная диагностика двигателя – важный этап в исследовании причин неисправности. Но ее нельзя возводить в абсолют, как нередко делают профессиональные диагносты, ни игнорировать, чем страдают многие исследователи-эксперты

Что касается электронной системы управления двигателем, то даже несмотря на значительный прогресс, достигнутый в диагностических средствах, в том числе для самодиагностики систем, не все неисправности так легко устанавливаются, чтобы можно было рассчитывать на успех в их поиске легко и сразу. Вывод прост: при диагностике двигателя, равно как и при исследовании причин неисправностей, необходимо рассматривать его в комплексе, как совокупность механической и электронной систем. Характерно, что при этом решающими могут стать показания и самых простых приборов.

Известны многие попытки вывести некую универсальную формулу диагностики, применив которую можно быстро и без больших трудов найти причину неисправности. Практика не подтверждает жизненность подобных теорий: найти какие-либо абсолютные рекомендации по жесткой схеме не удастся. В реальных условиях на первый план все-таки выходит опыт специалиста, а какая-то система или алгоритм действий могут существовать только в общих чертах. То же самое можно сказать и об экспертных исследованиях.

При одном и том же внешнем проявлении (симптоме) неисправности ее причины могут быть совершенно различными, более того, даже связанными с разными системами. Вот простейший пример. Плохая работа одного цилиндра возможна как из-за нарушения подачи топлива или зажигания (система управления), так и из-за негерметичности клапанов двигателя или поршневых колец (механическая часть). В первом случае причина может быть как эксплуатационная (например, некачественное топливо), так и производственная, а для устранения неисправности, возможно, потребуется заменить отдельные поврежденные узлы системы управления, иногда даже в рамках

технического обслуживания. Во втором же случае речь чаще идет об эксплуатационных повреждениях двигателя, а его капитальный ремонт или замена могут принести серьезные убытки сторонам спора о причинах неисправности.

Когда неисправная система найдена, то далее неисправность локализируют, выявляя неисправную «подсистему». В механической части двигателя это может быть поршневая группа, кривошипно-шатунный механизм или, например, распределительный механизм. Кстати, на этом этапе бывает очень полезен такой нехитрый прибор, как стетоскоп для прослушивания шумов двигателя. В системе управления неисправность следует искать в «подсистемах» топливоподачи, зажигания или снижения токсичности выхлопа. Диагностические средства используются те же, что и на предварительной стадии диагностирования.

Конкретную причину неисправности определяют на заключительной стадии – при локализации неисправного компонента, детали или узла. Для механической части двигателя здесь может быть дополнительно использован эндоскоп, а также выполнена разборка двигателя.

Результаты диагностики вполне очевидны – это правильно определенные неисправные узлы, блоки, детали. Стоит отметить, что при диагностировании системы управления причина обязательно должна быть найдена точно, поскольку ошибка ведет к необоснованной замене исправного компонента, т.е. к прямому убытку во всех отношениях. В механической части двигателя причину неисправности, как правило, не удастся найти совершенно точно без демонтажа и разборки двигателя. Здесь легко ошибиться, приняв, например, стук шатунного подшипника за стук поршня или клапана. Подобные ошибки нередко приводят к дополнительным затратам – и при диагностике с целью последующего ремонта, и при экспертном исследовании причин неисправности, поскольку большинство механических неисправностей двигателя требует его снятия и разборки, по крайней мере частичной. А это, как правило, не только большой объем дорогостоящих работ и запасных частей, но и чьи-то серьезные убытки в случае ошибочной необоснованной разборки.

Практика также показывает, что наличие самого современного и дорогостоящего оборудования не является гарантией проведения грамотной и квалифицированной диагностики. Обязательное слагаемое успеха – техническая информация об устройстве конкретных систем обследуемых моделей автомобилей (схемы соединений, расположение компонентов, расшифровка кодов неисправностей, особенности конструкции двигателя и т.д.). Хотя, конечно же, во многих случаях квалификация и опыт, не заменяя полностью информацию, могут экономить время и даже оказаться решающими при установлении истинной картины неисправности.

То же самое касается и исследователя-эксперта – без соответствующей информации об объекте исследования, особенностях его конструкции, устройства систем топливоподачи и т.д. причины неисправности правильно не определить, даже если исследователь считает себя специалистом экстра-класса. Такие «специалисты» нередко игнорируют даже самую начальную и от этого наиболее важную информацию. Так, например, из отчетов и заключений часто невозможно понять даже тип двигателя, который исследуется – бензиновый он или дизельный, атмосферный или с наддувом, хотя для многих неисправностей это имеет ключевое значение. Не говоря уже о других видах откровенных «ляпов», когда правильное определение причины неисправности становится возможным лишь случайно.

Теперь, когда в целом определенная аналогия в работе диагноста и исследователя выявлена, можно выяснить, чем и как конкретно выполняются исследования причин неисправностей двигателей.

5.2.3.1 Приборы и средства инструментальной диагностики*

Существует немало достаточно простых и недорогих приборов, которые являются традиционными приборами диагностики, но при необходимости могут быть применены и при экспертном исследовании причин неисправности двигателя. При этом практическое использование таких приборов достаточно эффективно, поскольку позволяет без заметных трудностей не только локализовать место и найти саму неисправность, но и помочь установить ее причину.

В практике экспертных исследований встречаются ситуации, когда нет возможности выполнить электронную диагностику двигателя. Однако существует широкий ассортимент приборов и приспособлений, используя которые, можно получить необходимую диагностическую информацию по исследуемому двигателю. В некоторых случаях именно такая информация и позволяет обнаружить неисправность и определить ее причину.

Нередки также ситуации, когда базовый электронный диагностический прибор указывает на нарушение работоспособности одной из систем двигателя – например, данные говорят о неправильном дозировании топлива. Чтобы установить причину отклонений от нормы и локализовать неисправность, нужно провести дополнительные пошаговые проверки (проконтролировать работу топливного насоса, форсунок и т.д.). Или такой показательный пример – диагностический прибор показал ошибку в работе датчика системы управления. Но это еще не значит, что причина неисправности в самом датчике, потому что необходимо выяснить, чем на самом деле вызвана эта ошибка – отсутствием питания, неисправностью

* Раздел подготовлен под редакцией С.П. Газетина

самого датчика или повреждениями в электрических цепях.

Для всех таких случаев и используются сравнительно простые приборы. Обычно такие приборы в диагностике принято относить к вспомогательным, однако и в диагностике, и в экспертных исследованиях их роль может быть заметно выше вспомогательных функций – большое количество сравнительно простых приборов существует и используется для исследования в областях, в которых информативность основного диагностического оборудования обычно невысока либо вовсе стремится к нулю. Например, диагностика состояния механической части двигателя, выполняемая при помощи электронных средств, не позволяет с абсолютной достоверностью делать вывод о ее исправности/неисправности или степени износа. Именно поэтому известно немало приборов, позволяющих подтвердить возникшие подозрения о неисправностях иными, иногда достаточно простыми и дешевыми методами.

Если говорить о важности того или иного вида вспомогательного оборудования с точки зрения процесса поиска неисправности в двигателе, то она определяется для каждого конкретного случая. Бывают даже моменты, когда причину отказа можно установить только с их помощью. Особенно эффективными простые приборы становятся в руках умелого специалиста – тогда большой профессиональный опыт и хорошее знание данного автомобиля позволяют на основании косвенных проявлений неисправности выдвинуть довольно точное предположение о ее причине. В этом случае нет необходимости выполнять тотальное исследование двигателя с применением сложного и/или дорогостоящего оборудования – бывает достаточно провести один-два довольно простых теста с использованием простых приборов, чтобы подтвердить или опровергнуть ту или иную рабочую гипотезу. А это дает немалую экономию сил и времени в исследованиях.

Сдругой стороны, как и вообще при проведении экспертных исследований причин неисправностей двигателей, следует помнить, что не бывает ни универсальных «на все случаи жизни», ни идеальных приборов, способных решить любую задачу – напротив, исследователь должен хорошо понимать и представлять возможности каждого прибора и использовать их именно тогда, когда в этом использовании имеется необходимость и целесообразность.

Конечно, как показано выше, экспертные исследования не заменяют диагностики, но, тем не менее, часть описываемых ниже приборов может быть рекомендована для применения и в экспертных исследованиях. Другая, менее распространенная часть приборов в экспертных исследованиях применяется редко и больше подходит для обычных диагностических работ, выполняемых на участках диагностики СТО, однако в любом

случае исследователь-эксперт обязан не только знать о существовании данной линии приборов, но и хорошо представлять себе их возможности и особенности применения.

Рассмотрим теперь, какие приборы могут быть использованы в исследованиях неисправности двигателя и его систем.

Простые автомобильные диагностические приборы

Компрессометр – один из самых популярных и хорошо известных большинству автоспециалистов приборов, служащий для определения максимального давления (компрессии) в цилиндре в конце такта сжатия в режиме прокрутки двигателя стартером, а именно она и характеризует в целом состояние цилиндропоршневой группы и клапанного механизма. При измерении компрессии ориентируются не только на саму ее величину, но и на скорость нарастания давления, что в целом также наглядно показывает прибор.

Компрессометр – это, наверное, один из немногих диагностических приборов, которые грамотный специалист всегда имеет при себе во время исследования причины неисправности двигателя, не полагаясь на возможность воспользоваться чужим прибором на месте исследования.

При использовании в профессиональных целях предпочтение рекомендуется отдавать моделям компрессометров с гибким соединительным шлангом, что позволяет легко подсоединить прибор в двигателях различных конструкций, в том числе с затрудненным доступом к свечным отверстиям. Для удобства работы обязательно наличие обратного клапана для возможности замера компрессии одним оператором, а также быстръемных разъемов – для смены адаптеров (обычно достаточно 3–4 адаптеров для различных типов свечной резьбы). Корпус манометра должен быть защищен ударопрочной пластмассой или резиной. При этом высокой точности от манометра не требуется, так как для анализа используется величина отклонения компрессии в разных цилиндрах, однако иногда прибор снабжается манометром с электронным дисплеем.

Вообще для исследования причин неисправностей двигателей некоторые преимущества имеет разновидность прибора – компрессограф. Его назначение то же, что и у компрессометра, но результаты измерений записываются на бумаге или специальных пластиковых карточках, что дает возможность потом приложить их непосредственно к отчету (заключению). Однако недостатки компрессографа – высокая цена, а также трудность оценки динамики нарастания давления при прокрутке коленвала, сделали его применение при исследованиях причин неисправностей довольно редким.

Тестер негерметичности надпоршневого пространства (тестер утечек) позволяет не только

определить степень герметичности камеры сгорания, но также установить место и указать причину ее нарушения. Для этого в исследуемую камеру сгорания с поршнем в положении ВМТ подается сжатый воздух. Давление нагнетания регулируется редуктором и устанавливается по манометру. О величине утечек судят по разности между давлением подаваемого воздуха и давлением, создающимся



5.60. Компрессометры для бензиновых (вверху) и дизельных двигателей (в центре) – одни из самых распространенных, простых и дешевых приборов в диагностике. Их разновидность – компрессограф (внизу), имеет преимущества в наглядности представления результатов, но его цена слишком высока

в камере сгорания, – чем она выше, тем менее герметично надпоршневое пространство. В случае негерметичности причина утечек определяется по направлению истечения сжатого воздуха (в выхлопную систему, во впускной коллектор, в отверстие масляного шупа и т.д.).

Помимо соответствия повышенным требованиям прочности и надежности соединений, хороший тестер оснащается надежным редуктором для плавной регулировки давления нагнетания. В комплект входят адаптеры для различных типов свечных отверстий, а для обеспечения достаточной чувствительности прибор должен быть рассчитан на максимальное рабочее давление 6–7 бар.

Среди полезных специализированных диагностических приборов для измерения давления необходимо также отметить манометры для измерения давления масла и топлива, а также тестеры утечек системы охлаждения,

Комплект для измерения давления топлива – это основной диагностический инструмент при исследовании гидравлической части впрысковых устройств топливоподачи всех типов. С его помощью можно проверить работоспособность топливного насоса, фильтра, регулятора давления и др.

Предлагаемые различными торговыми и производственными компаниями комплекты отличаются главным образом набором адаптеров, служащих для подключения к топливным системам автомобилей разных производителей. Выпускаются универсальные и специализированные комплекты, отличающиеся по цене. Обычно более универсальный комплект с большим количеством адаптеров заметно дороже. Но при выборе комплекта следует иметь в виду, что абсолютно универсальных наборов адаптеров не существует – даже те из них, которые насчитывают до сорока различных вариантов подсоединения, не закрывают все возможные типоразмеры.



5.61. Тестер утечек из цилиндра – весьма эффективный инструмент, но применяется, главным образом, в диагностических, а не в экспертных исследованиях

Выбирая комплект для исследований, рекомендуется обращать внимание на качество изготовления быстросъемных соединителей, на наличие запорных золотниковых клапанов, позволяющих осуществлять подсоединение манометра к магистралям под давлением без опасности пролива топлива – дешевые комплекты неизвестного происхождения быстро начинают течь и выходят из строя. Большое значение имеет длина гибкого шланга манометра, позволяющая при измерениях вывести его в любую удобную точку, поскольку иногда приходится производить замеры давления на ходу и закреплять манометр далеко от места подключения к топливной системе – на ветровом стекле или в салоне.

Аналогичные особенности имеют и комплекты для измерения давления масла – такие приборы с помощью набора соединителей позволяют подключить к масляной системе манометр и измерить давление масла в системе смазки на различных



5.62. Приборы для измерения давления масла (слева) и топлива (справа) недороги и в применении достаточно эффективны, но в практике экспертных исследований используются не слишком часто



режимах работы двигателя. Достаточно эффективен при ряде неисправностей системы охлаждения и тестер утечек, принцип работы которого основан на создании и измерении давления в этой системе. Однако следует отметить, что несмотря на сравнительно хорошую наглядность, в практике экспертных исследований данные виды приборов применяются редко и относятся больше к диагностическим, нежели к экспертным средствам.

Эндоскоп – одна из наиболее эффективных и в то же время дорогих позиций из ассортимента простых инструментов и приборов. Причем это очень важный и полезный прибор не только и даже не столько для диагностики, сколько именно для экспертных исследований технического состояния двигателей.

Действительно, эндоскоп как будто специально создан для экспертных исследований – он позволяет увидеть практически все типы повреждений цилиндров, включая износ, задиры, коррозию, прогары клапанов, негерметичность уплотнений цилиндров и клапанов по следам масла и другие повреждения. Фактически эндоскоп – это единственное средство, которое позволяет без трудоемкой разборки двигателя с хорошей достоверностью сделать заключение о месте и характере течи масла в цилиндр, степени износа стенок цилиндров, величине нагара, степени повреждения днища поршней или поверхностей клапанов. Эндоскоп также с успехом применяют для наружного обследования двигателя и навесного оборудования в труднодоступных местах, что удобно как при диагностике, так и при проведении экспертных исследований. Для этого современные эндоскопы снабжаются различными полезными функциями, в том числе способностью сохранять изображение в электронном виде и передавать его на компьютер.

Очевидно, при исследовании цилиндра только посмотреть внутрь недостаточно – эндоскопу необходим также мощный источник света, способный обеспечить визуализацию изображения даже в условиях сильного поглощения света нагаром. Такой источник в современных эндоскопах обеспечивается мощной светодиодной подсветкой. Кроме того, для осмотра поверхности цилиндра и особенно клапанного механизма эндоскоп должен обеспечивать угловое «зрение», обычно достигаемое с помощью различных угловых насадок, в противном случае ценность полученной информации будет близка к нулю – основные зоны повреждений в двигателях расположены не на днище поршня, т.е. впереди по оси отверстия для свечи или форсунки, через которые производится осмотр, а на 90–180° от этого направления.

Многолетняя практика показывает, что для экспертных исследований наилучшее качество изображения дает линзовый эндоскоп (так называемый бороскоп) с прямым зондом диаметром 6–8 мм. Приборы с гибким оптоволоконным



5.63. *Очень хороший прибор – тестер для проверки герметичности системы охлаждения, но в экспертных исследованиях до него редко доходит дело*

зондом (так называемые видеоэндоскопы), получившие в настоящее время самое большое распространение вследствие небольшой цены, для двигательной диагностики не слишком удобны, а во многих случаях, особенно при низком качестве прибора, вообще малоприспособны – они дают искаженное, узкопериферийное изображение, хотя и имеют многочисленных сторонников, однако весьма далеких от реальных исследований в двигателях.

Один из главных недостатков большинства дешевых видеоэндоскопов, которые полностью не устранил даже заметный прогресс в оптоволоконной технике, – недостаточная светосила гибких зондов, которая, как правило, намного ниже, чем у линзовых, а также сугубо «пиксельный» характер изображения, что не только заметно снижает качество изображения мелких деталей полости цилиндра, но и серьезно мешает правильной интерпретации такого изображения.

Именно по этой причине гибкие зонды более эффективно использовать для исследования закрытых полостей кузова, а не внутренней полости цилиндра. В то же время и у прямых эндоскопов, помимо высокой цены, имеются недостатки – на некоторых моделях автомобилей с помощью такого эндоскопа невозможно заглянуть в цилиндры двигателя из-за неудобной ориентации свечных колодцев. Кроме того, недостатком некоторых старых приборов прямого типа было отсутствие возможности соединения с компьютером, что сильно ограничивало использование таких при-



5.64. Несмотря на широкое распространение видеоэндоскопов с гибким зондом (слева), прямой эндоскоп (справа) на протяжении многих лет остается самым эффективным средством для осмотра цилиндров ДВС

боров в практике экспертных исследований (для заключений и отчетов, как правило, необходима функция сохранения и передачи изображения на компьютер).

К сожалению, даже сравнительно простые типы эндоскопов, способные давать картинку приемлемого для исследования двигателей качества, достаточно дороги, а дешевые приборы восточного происхождения нередко являются пустой тратой денег – они не позволяют получить качественное изображение и имеют малый срок службы (осмотр цилиндров ДВС, особенно если прогретый двигатель не полностью остыл, является для наконечника и самого зонда работой в тяжелых условиях). Поэтому дать какие-то конкретные рекомендации по оснащению такими приборами без привязки к финансовым возможностям исследователя – совершенно нереальная задача.

Говоря о группе приборов для контроля состояния механических систем двигателя, стоит упомянуть о таком сравнительно недорогом, но иногда очень полезном устройстве, как технический стетоскоп. Он предназначен для обнаружения посторонних шумов, свидетельствующих о ненормальной работе механических систем двигателя.

В настоящее время существует две группы стетоскопов – механические и электронные.

Наиболее просто устроены механические стетоскопы, которые фактически являются лишь усовершенствованными медицинскими стетоскопами. Основу такого прибора составляет герметичная акустическая (звукоулавливающая) камера, в которой имеется эластичная мембрана. В автомобильном стетоскопе мембрана расположена внутри камеры, а доступ звука к ней осуществляется через небольшое отверстие в передней стенке. Камера соединена с двумя трубками, которые заканчиваются каплевидными наконечниками для вставки в ушные каналы.

Принцип работы прибора основан на передаче звука от мембраны камеры непосредственно в ушной канал и к барабанным перепонкам. Это достигается за счет герметичности системы из камеры и трубок при вставке их в слуховой канал – движения мембраны заставляют колебаться воздух в камере, эти акустические колебания бес-

препятственно проходят по трубкам и достигают барабанной перепонки. Поскольку звук идет по трубкам, то он не рассеивается и не теряет энергию по пути от источника звука до уха, что создает эффект усиления.

Автомобильный стетоскоп может комплектоваться двумя типами рабочего органа – металлическим щупом (зондом) и/или рупором большого относительного удлинения. С помощью рупора удобно прослушивать доступные поверхности агрегатов, его можно переставлять с места на место и слушать шумы. Тонкий щуп дает возможность прослушивать труднодоступные узлы и агрегаты либо конкретные детали (например, подшипники) – поскольку скорость звука в металлах гораздо выше, чем в газах (воздухе), с помощью металлического щупа можно уверенно и очень точно слышать шумы различных механизмов.

Электронные стетоскопы имеют более сложное строение – в них обязательно предусмотрено звукоулавливающее устройство (обычно на основе пьезоэлектрического элемента), усилительный блок и наушники. В усилительном блоке расположен усилитель, а также блок регулировок, с помощью которого можно изменять интенсивность звука. В современных электронных стетоскопах может быть очень широкий функционал – многоканальность (прослушивание механизмов сразу



5.65. Простой механический стетоскоп – несложный, но достаточно эффективный прибор для прослушивания и локализации различных шумов



5.66. Различные виды электронных стетоскопов – серьезные приборы, но они практически не нашли применения в практике экспертных исследований

в нескольких точках), автоматическая обработка сигнала и др.

Очевидно, информация, получаемая с помощью стетоскопа, носит сугубо субъективный характер, и ее оценка зависит, главным образом, от опыта диагноста или исследователя. И хотя при наличии соответствующего опыта и практики применение стетоскопа достаточно легко позволяет установить источник посторонних звуков, само экспертное исследование шумов ДВС, как показано выше, имеет не вполне понятные нормативные и технические основания. Вследствие указанных причин дорогостоящие электронные стетоскопы не нашли сколько-нибудь заметного распространения ни в диагностике, ни, тем более, в исследовательской практике.

При исследовании причин неисправностей всех типов бензиновых двигателей с успехом применяются и другие типы простых приборов – например, прибор для измерения разрежения, называемый вакуумметром, или более универсальный мановакуумметр, позволяющий измерять как давление, так и разрежение.

В двигателях, оборудованных дроссельной заслонкой, разрежение во впускном коллекторе – интегральный параметр, зависящий от многих факторов. Так, аномальное разрежение обычно возникает при нарушении сгорания топлива и может указать на наличие проблем в разных системах двигателя – смесеобразования, газораспределения (что связано с неисправностью, неправильной регулировкой или неудовлетворительным состоянием клапанов и седел), системе зажигания, в механической части (вследствие износа деталей). Вакуумметр в этом случае не позволяет локализовать неисправность, но указывает на ее наличие или отсутствие в системе, что иногда является достаточно ценной информацией.

Помимо измерения разрежения во впуске, вакуумметр можно использовать для контроля давления в локальных точках прочих систем двигателя: вентиляции картера, продувки адсорбера, рециркуляции выхлопных газов и др. Кроме того, многие приборы данного типа способны измерять как разрежение, так и невысокое избыточное давление. Это позволяет дополнительно определять, например, давление наддува в турбодвигателях и даже давление подачи насоса карбюраторного двигателя.

Из полезных при поиске причины неустойчивой работы двигателя способов проверок можно отметить обработку подозрительных мест впускного коллектора на работающем двигателе с целью локализации точек подсоса воздуха специальными спреями – типа очистителя карбюратора или средства для облегчения запуска двигателя. Попадание их паров вместе с засасываемым воздухом в двигатель вызывает повышение его оборотов, что и сигнализирует о наличии подсоса. Этот способ дешев, хотя не всегда удобен в применении, однако альтернативные способы (с помощью дымогенераторов) в экспертной практике встречаются редко.

Очень функциональным прибором при проведении различных видов исследования электрических цепей является мультиметр, причем благодаря своей универсальности он может применяться практически на любом этапе исследования. Очень часто он используется в качестве самостоятельного инструмента, но иногда выступает и в роли вспомогательного инструмента вслед за приборами электронной диагностики.

Мультиметр позволяет проконтролировать многие важные параметры бортовой сети, проверить возникшие предположения об обрывах или замыканиях в проводке, в простой форме



5.68. Автомобильный мультиметр – серьезный диагностический прибор, однако его специализированные функции в экспертной практике используются редко



5.67. Вакуумметр для измерения разрежения в различных системах двигателя

проверить работоспособность датчиков и исполнительных механизмов. Прибор может также использоваться для измерений в режиме движения.

Известно, что для диагностики не всегда подходят простые универсальные приборы. Несмотря на внешнее сходство, специализированные автомобильные мультиметры имеют ряд отличий от аналогичных универсальных приборов – прежде всего это наличие специфических режимов: измерения частоты вращения коленчатого вала, длительности, частоты и скважности следования импульсов (например, длительности впрыска топлива), измерение величины углового интервала накопления энергии катушкой зажигания.

Модели с расширенным набором функций, используя специальные датчики, могут в широком диапазоне значений измерять температуру, разрежение и давление жидкостей и газов, постоянные и переменные токи большой величины, например, ток стартера в момент пуска двигателя. В некоторых моделях автомобильных мультиметров имеется также функция запоминания случайно возникающих кратковременных (длительностью от 1 миллисекунды) колебаний измеряемых элек-

трических сигналов, т.е. прибор может фиксировать сбои, вызванные различными причинами. Однако такие дополнительные функции имеют узкоспециализированный диагностический характер и вряд ли станут полезными для экспертных исследований.

Существуют и другие простые приборы, но в связи с тем что их использование в практике экспертных исследований неисправностей двигателей встречается достаточно редко и только при проведении специальных видов исследований, их описание можно найти в соответствующей литературе.

Специальные технические средства, установки и приборы, применяемые при исследовании причин неисправности двигателей

Из этой многочисленной группы отметим несколько позиций, которые применяются в практике исследований причин неисправности двигателей наиболее часто. Это не только простые средства, но и более сложные и дорогостоящие приборы. Некоторые из них больше подходят для лабораторного оснащения исследователя, причем не только для сторонних лабораторий – часть такого оборудования исследователю было бы целесообразно иметь именно в своей собственной лаборатории. Но так или иначе, даже не имея чего-то из описанного ниже под руками, нужно знать, какой прибор или оборудование можно примерить в той или иной ситуации.

Неизменный атрибут исследователя причин неисправности двигателя – это, конечно, различные увеличительные средства, среди которых следует отметить лупу и микроскоп. Действительно, эти средства относятся к той группе оборудования, которое исследователь должен иметь непосредственно на месте исследования.

Увеличительные лупы имеют большое многообразие видов и исполнений, но чаще всего находят применение два вида недорогих луп – ручные и просмотровые (складные). Другие виды луп, а их много – офисные, измерительные, бифокальные, зерновые, часовые, текстильные, цифровые, с подсветкой и т.д., могут быть применены, скорее, в качестве индивидуального предпочтения исследователя.

Лупы делятся на три основных типа – малого увеличения (до 5), среднего (6–10) и большого (свыше 10). Обычно для того чтобы рассмотреть мелкие следы на деталях, применяются увеличительные лупы среднего или большого увеличения (последние называют также оптическими увеличителями). При выборе лупы обычно действует довольно простое правило – чем больше диаметр увеличительного стекла, тем меньше увеличение. Например, лупа с 20-кратным увеличением будет иметь диаметр около 12 мм, с 10-кратным – около 18 мм, а 3-кратная лупа – 50–100 мм.



5.69. Наиболее распространенные в исследованиях неисправностей двигателей типы увеличительных луп – ручная (слева) и просмотровая складная (справа)

Микроскопы являются очень эффективным средством исследования некоторых процессов для выявления причин неисправностей двигателей – например, при исследовании характера излома деталей, абразивного загрязнения, износа и т.д.

Микроскопы условно делятся по назначению – на детские, школьные (учебные), лабораторные (медицинские) и для прикладных работ, по типу – биологические, световые (оптические), цифровые (электронные) и стереоскопические (инструментальные), по увеличению – до 200×, 200–800×, 800–1280× и более 1200×, по типу насадки – бинокулярная, монокулярная и т.д.

Не вдаваясь подробно в описание конструктивных особенностей различных типов и видов микроскопов (наиболее подробно эти данные изложены в соответствующей литературе, а также в разделах, посвященных исследованию лакокрасочного покрытия), необходимо отметить следующее. Большинство случаев, когда возникает необходимость использовать микроскоп при исследовании причин неисправностей двигателя, показывает, что среднего увеличения в целом достаточно для многих практических задач, а поскольку для исследователя важно зафиксировать изображение с целью последующего приложения его к отчету (заключению), то наиболее распространены лабораторные микроскопы, в том

числе цифровые, с возможностью подключения компьютера. Однако микроскоп с такими характеристиками является недешевым оборудованием, вследствие чего исследователь всегда имеет выбор – приобрести его для собственной лаборатории или отдать образец (деталь) на исследование в стороннюю лабораторию. Такой выбор делается в зависимости от многих факторов, в связи с чем дать конкретные рекомендации «на все случаи жизни» о необходимости применения и/или, тем более, приобретения того или иного вида или типа микроскопа для собственных нужд исследователя практически невозможно.

Еще очень полезный прибор для различных видов исследований в двигателях – это твердомер. Такой прибор обычно находит применение в тех случаях, когда вследствие наблюдаемого ненормального износа детали у исследователя есть подозрение на какое-то несоответствие материала и/или его химико-термической обработки.

Твердомеры делятся на два основных типа – стационарные и переносные. Если стационарные твердомеры – это дорогостоящее оборудование, преимущественно для специализированных лабораторий, то некоторые модели переносных приборов вполне доступны по цене, обеспечивая достаточно надежные экспресс-результаты измерения твердости материалов по основным шкалам



5.70. Некоторые типы микроскопов, применяемые для исследования причин неисправности двигателей – оптический лабораторный (слева), цифровой (в центре), с цифровым дисплеем (справа)

твердости – Бринеллю (HRB), Роквеллу (HRC) и Виккерсу (HV). Однако при рассмотрении вопроса о приобретении подобных приборов следует учесть, что случаи, когда при исследовании неисправностей двигателей возникает потребность в измерениях данного типа, занимают не слишком большое место в экспертной практике.

То же самое редкое использование можно отметить и в отношении специальных установок для поиска трещин в деталях – иногда они находят применение при исследовании неисправностей, вызванных некоторыми производственными дефектами, в том числе ремонтными, и рядом эксплуатационных повреждений, связанных с перегревом двигателя, недостаточной подачей масла и т.д. К ним в первую очередь относится уже отмеченная выше установка для гидравлических испытаний полых деталей, в том числе головок и блоков цилиндров.

Принцип действия этой весьма эффективной, но также и дорогостоящей установки основан на подаче во внутреннюю полость воздуха под давлением, погружении детали в нагретую воду и поиске места выхода пузырей. Наиболее удобно таким способом искать трещины в стенках камер сгорания головок цилиндров – для этого к привалочной плоскости через резиновые прокладки прижимается толстое (20 мм) смотровое стекло, через которое в воде видно пузыри даже от микротрещин. Таким же способом можно проверять блоки цилиндров и теплообменники, хотя нельзя исключить и применение более дешевых способов проверки.

Для поиска трещин в магнитных деталях типа валов иногда (хотя и достаточно редко при реальных исследованиях причин неисправностей) находят применение магнитные дефектоскопы, принцип действия которых основан на проявлении трещин с помощью специального магнитного порошка или жидкости. Наибольшую наглядность дает магнитно-люминесцентный метод, когда жидкость светится при освещении намагниченной детали специальной ультрафиолетовой лампой.

Фирмы, производящие металлообрабатывающее оборудование для ремонта двигателей, обычно имеют такие установки в своей производственной программе, иногда ими оснащаются специализированные мастерские по ремонту двигателей. Поскольку это также достаточно дорогостоящие установки, при необходимости можно найти и более дешевые варианты проверок.

Очень часто применяемое при исследовании неисправностей в бензиновых двигателях оборудование – это, конечно, установки для проверки форсунок. Использование этого оборудования целесообразно в случаях, когда есть подозрение на причинно-следственную связь между наблюдаемыми признаками неисправности двигателя, его систем и состоянием топливных форсунок.

Оборудование данного типа выпускается в стационарном и настольном исполнениях, обеспечивает проверку герметичности и производительности форсунок по различным задаваемым оператором программам, хотя на практике используется также и для очистки форсунок от отложений. Данный тип оборудования относится к базовому оснащению СТО, поэтому при необходимости проведения проверок, как правило, вполне достаточно воспользоваться установкой на месте проведения исследований двигателя.

К сожалению, подавляющее большинство установок данного типа применимо только к традиционным топливным системам низкого давления – проверить работоспособность форсунок высокого давления современных бензиновых двигателей с непосредственным впрыском топлива такие установки неспособны, а СТО, где имеется дорогостоящее специализированное оборудование для проверки бензиновых форсунок высокого давления, найти очень трудно, обычно даже практически невозможно. Это необходимо учитывать, когда при исследовании двигателей с непосредственным впрыском возникает потребность в проверках такого рода. Кстати, этот факт, хотя он и отрицательный, может оказаться весьма полезен, причем не только исследователям, но и адвокатам



5.71. Основные типы твердометров – стационарный (слева) и переносные



5.72. Оборудование для проверки деталей на наличие трещин – установка для гидравлических испытаний полых деталей с элементами типа рубашек охлаждения (слева) и магнитный дефектоскоп для поиска трещин в магнитных деталях

сторон спора, потому что легко помогает уличить отдельных ловких, но недалеких «экспертов» в подлоге, если в их заключении вдруг окажется какая-нибудь карта проверки производительности бензиновых форсунок высокого давления – а такое тоже иногда приходится наблюдать.

Специальные установки для проверки форсунок и насосов дизельных двигателей, напротив, являются весьма распространенным видом оборудования. Даже для современных систем впрыска типа Common Rail с их сверхвысокими давлениями, достигающими 1600–2000 бар, большое количество производителей выпускает такое оборудова-

ние, которое является эффективным средством диагностики технического состояния топливных систем дизелей.

Стенды данного типа могут проверять работу форсунок, насосов высокого давления, встроенных в их конструкцию датчиков и других элементов системы. Это достаточно сложная и дорогостоящая техника, обычно используемая специализированными СТО, однако без проверки элементов и узлов топливной аппаратуры многие неисправности дизельных двигателей выявить просто невозможно. Вот почему при выполнении исследований причин неисправности дизелей проверки работоспособ-



5.73. Установки для проверки форсунок бензиновых двигателей – настольная (слева) и стационарная (в центре), но наиболее дорогостоящим является стенд для проверки ТНВД и форсунок дизельных двигателей (справа) – без него причины многих неисправностей дизелей не определить

Таблица 5.6.

Диагностическое оборудование и приборы, применяемые в исследованиях причин неисправности двигателей

№ п/п	Название прибора	Где и/или когда применяется	Как часто используется	Ориентир. цена, Евро
1	Компрессометр для бензиновых двигателей	Измерение компрессии в цилиндре	Часто	От 15
2	Компрессометр для дизельных двигателей	То же, дизели	Часто	От 25
3	Эндоскоп	Осмотр цилиндров	Часто	От 75
4	Лупа	Осмотр следов на деталях	Часто	От 8
5	Микроскоп	То же	Не очень часто	От 150
6	Твердомер портативный	Измерение твердости материала детали	Не очень часто	От 600
7	Стетоскоп	Прослушивание шумов	Не очень часто	От 10
8	Мультиметр	Электрические сигналы	Редко	
9	Вакуумметр	Разрежение во впускном коллекторе, давления в различных полостях	Очень редко	От 15
10	Тестер утечек из цилиндра	Поиск негерметичности цилиндра	Очень редко	От 35
11	Прибор для измерения давления масла	Оценка исправности системы смазки	Редко	От 30
12	Прибор для измерения давления топлива	То же, топливного насоса	Редко	От 50
13	Тестер для проверки герметичности системы охлаждения	Поиск негерметичности системы охлаждения	Очень редко	От 20
14	Установка для проверки форсунок бензиновых двигателей	Проверка работоспособности и исправности форсунок	Часто	От 1000
15	Стенд для проверки насосов и форсунок дизелей	Проверка топливной аппаратуры дизелей	Не очень часто	От 8000

ности и исправности топливной аппаратуры приходится проводить достаточно часто – в рамках заказных сторонних работ.

К указанным выше приборам, установкам и оборудованию можно было бы добавить и другие специальные позиции, которые применяются при отдельных видах исследований неисправностей двигателя – например, газоанализаторы и дымомеры. Помимо них, следует отметить особое место, которое занимают исследования физических свойств и химического состава материалов, топлив, масел и т.п. Однако для исследователя причин неисправностей в двигателях оборудование для определения таких свойств материалов и рабочих жидкостей из-за его сложности, высокой стоимости и необходимости специальной подготовки специалиста для работы на нем может быть использовано только в рамках заказных работ в сторонних лабораториях. Подробное описание такого оборудования выходит за рамки данного раздела и излагается в соответствующей специальной литературе.

Чтобы представлять, какие приборы могут потребоваться исследователю на данном этапе,

все указанные выше приборы сведены в таблицу (табл. 5.6), из которой можно видеть, где и в каких исследованиях может потребоваться тот или иной прибор, а также – какие расходы потребуются от исследователя, если он решится на оснащение своей собственной лаборатории такой диагностической техникой.

Однако какие бы приборы ни были в собственной лаборатории исследователя, ими ее оснащение не исчерпывается – при исследовании причин неисправностей двигателей исследователю никак не обойтись без специального измерительного инструмента.

5.2.3.2 Измерительный инструмент для проведения исследований Общие требования к выбору и точность измерительных средств

Основная задача, решаемая с помощью измерительного инструмента, – это получить данные о действительном состоянии деталей двигателя, необходимые для формулирования причинно-следственных связей между имеющимися признаками и причиной неисправности.

В отличие от простых диагностических приборов, описанных в предыдущем разделе и используемых для проверки работы систем, главным образом работающего двигателя, измерительные приборы имеют важную особенность – они нужны исследователю на 99% только тогда, когда двигатель уже разобран. На практике эта особенность весьма полезна, поскольку помогает разделить задачи исследования и способы их выполнения при различных видах неисправностей. Например, если характер неисправности не предполагает разборки двигателя, то исследователю не требуется иметь с собой при работе измерительные приборы. И наоборот. Другими словами, поскольку никаких измерений без разборки двигателя провести невозможно, измерительный инструмент фактически предназначен для исследования именно разобранного двигателя. И исследователь должен быть готов к выполнению таких работ, то есть, располагать необходимым инструментом – иначе зачем разбирать двигатель?

Однако справедливости ради следует отметить, что разборка может быть выполнена в разной степени, а это не исключает и промежуточные варианты частичной разборки, когда с помощью простейших инструментов могут быть выполнены некоторые наиболее простые измерительные операции с демонтированными деталями (например, можно измерить зазор между электродами демонтированных свечей зажигания) или, наоборот, без таких деталей (если необходимо измерить зазор в приводе клапанов, то сделать это можно только после демонтажа крышки клапанного механизма). Кроме того, в практике встречаются ситуации, когда разобрать-то разобрали, а мерить детали по тем или иным причинам уже нет смысла. Но это уже другая история...

Практика показывает, что основная номенклатура наиболее серьезного измерительного инструмента может потребоваться именно при полной разборке двигателя. Естественно, чтобы измерять детали правильно и точно, нужен и соответствующий этому простому требованию «правильный» инструмент – точный, удобный и безотказный. Чтобы разобраться, какой именно, необходимо вначале сформулировать некие общие принципы измерения деталей.

Ответ на вопрос, что необходимо измерять, позволяет определить, какой измерительный инструмент требуется исследователю. На первый взгляд, измерять размеры и проверять рабочие поверхности деталей надо для того, чтобы сразу сделать вывод: имеют ли они износ, и если да, то насколько он критичен, т.е. годятся ли эти детали для дальнейшего использования. Однако такие измерения, выполненные, что называется, «в лоб», могут оказаться слишком трудоемкими.

В автомобильных деталях, как правило, существуют две группы размеров, контроль которых требует принципиально различных инструментов

и приборов. К первой группе относятся разного рода отклонения от заданной геометрической формы и взаимного расположения рабочих поверхностей деталей. Сюда, к примеру, можно отнести такие параметры, как взаимное биение шеек валов и неплоскостность различных поверхностей. Обычно определить такие отклонения не составляет большого труда при наличии соответствующего инструмента – индикаторной стойки с призмами, лекальной линейки и набора щупов.

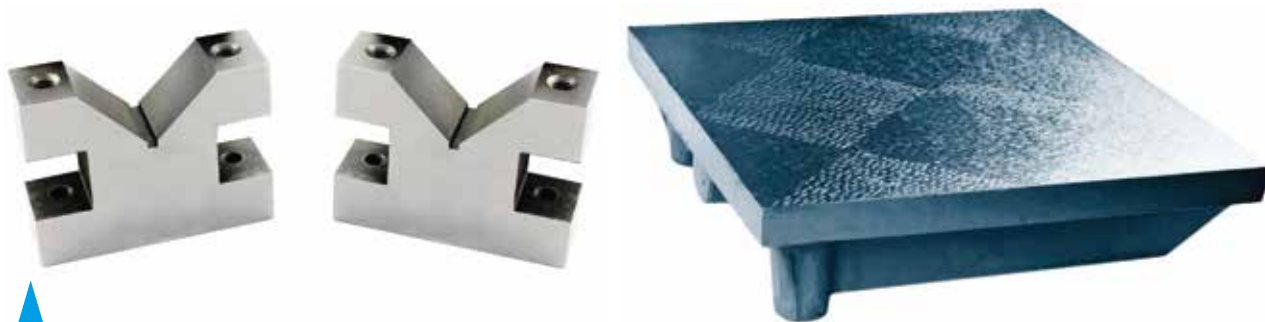
Другие параметры из этой группы, характеризующие взаимное положение рабочих поверхностей (например, неперпендикулярность или непараллельность осей цилиндрических поверхностей и плоскостей), измерить вообще чрезвычайно трудно, а «в полевых условиях» обычных исследований технического состояния двигателя и вовсе невозможно. Обычно предполагается, что допустимые значения этих параметров должны быть обеспечены «правильной» технологией обработки. И только в случае обоснованных подозрений на отклонения потребуются специальные измерения в лабораторных условиях (например, путем пробной выверки детали при обработке на соответствующем металлообрабатывающем станке).

Вторая группа параметров – величины зазоров в сопряжениях деталей. То есть, если в отверстие установлен вал, то между ним и отверстием существует зазор или натяг, по величине которых можно уверенно сказать, будет или не будет работать такое сопряжение.

В самом деле, если проанализировать все сопряжения двигательных деталей, можно прийти к очевидному заключению, что для вывода о техническом состоянии узла (например, находится узел в рабочем состоянии или изношен) абсолютное значение размера (диаметра) конкретного вала или отверстия имеет лишь второстепенное и далеко не главное значение. Главное же – это зазор или натяг между ними, его в первую очередь необходимо обеспечить при производстве и/или ремонте деталей и контролировать при исследовании неисправностей.

Как указано выше, большое значение для оценки состояния деталей имеют отклонения формы рабочих поверхностей сопряженных деталей, поскольку их нецилиндричность (эллипсность, бочкообразность, конусность, корсетность) сразу приведет к нестабильности сопряжения либо по окружности, либо по длине рабочей поверхности. И здесь абсолютное значение диаметра тоже не столь важно, главное – величина зазора и отклонения от цилиндричности.

Таким образом, измерения многих параметров при исследовании технического состояния должны давать результат в большей степени относительный, а вовсе не абсолютный. Это значит, что можно с особой тщательностью, с точностью до микрона, вымерять абсолютные размеры, чтобы затем найти разницу между ними, т.е. рабочий за-



5.74. Набор для установки валов на проверку деформации и биения состоит из поверочных призм и поверочной плиты – вещь для ремонта двигателей незаменимая, но при исследовании причин неисправности двигателей применяется редко



5.75. Магнитные индикаторные стойки для проверки биения и люфтов валов в практике исследований – тоже достаточно редкая позиция, как и набор выше

зор или натяг в сопряжении. Но делать так совсем не обязательно, а во многих случаях и нежелательно – поскольку величина зазора/натяга не будет непосредственно измерена, для точного ее определения потребуются очень точные измерения абсолютных размеров каждой из сопряженных деталей. И это еще не гарантирует, что зазор из последующего расчета будет получен точно.

Вопрос: зачем так усложнять, если можно сделать проще? Гораздо лучше постараться как можно точнее определить искомый зазор или натяг в сопряжении и лишь затем, если надо, найти абсолютные размеры деталей (последнее, кстати, потребуется лишь тогда, когда зазор окажется явно «не в допуске», для выяснения «виновника» этого отклонения).

Таким образом, получают, как говорится, «две большие разницы» – между абсолютными и относительными измерениями. Более того, разные цели измерений – абсолютный размер или относительный (зазор) – предполагают и разные

измерительные инструменты, да и требования к их точности могут быть тоже разными.

Кстати, о точности. Принято по умолчанию считать, что чем точнее прибор, тем точнее измерения. А как же еще можно точно определить износ деталей? Надо взять как можно более точные приборы и промерить детали с микронной точностью. Именно так и думают некоторые «грамотные» специалисты. Но посмотрим, к чему это приводит на практике.

Вот, к примеру, великолепный «фирменный» нутрометр для измерения диаметров отверстий, прибор очень недешевый, но и точность его соответствующая – 2 мкм. Чтобы ее добиться, нутрометр снабжен специальным установочным прибором с соответствующим калибром. Или еще пример: рычажная скоба, она же микрометр с индикатором – точность измерений наружного диаметра вала те же 2 мкм. Чтобы ее обеспечить, скоба настраиваются по высокоточным плоскопараллельным мерам длины (плиткам Йогансона).

Теперь, если, например, диаметры отверстия и вала измерены с завидной точностью, вычитаем одно значение из другого и получаем точную величину зазора в сопряжении. Только одна маленькая деталь – дорогостоящий импортный измеритель вещь, конечно, неплохая. А не может ли «врать» эта самая лучшая измерительная система?

Оказывается, такое тоже нельзя исключить. Причина может быть самая простая: за время прошлой работы оказались изношены калибры, по которым настраивают приборы. А это важно – ведь измеряются два абсолютных размера. Вот и пошла «гулять», постепенно нарастая, систематическая погрешность измерений. В конце концов точнейший и дорогостоящий прибор стал давать никуда не годный результат – ту же «плюс-минус бесконечность», в которой нередко обвиняются простые и дешевые приборы. То есть точнейшая, сложнейшая и дорогостоящая измерительная техника только тогда дает хороший результат, когда правильно применяется. В том числе без оглядки на то, что она – точнейшая и дорогая. Иначе точности у нее не будет, а значит, и цена ей – грош.

Сравнивая или оценивая те или иные измерительные системы, необходимо представлять, с какой точностью вообще надо проводить измерения размеров деталей. Например, проводятся измерения с точностью 1 мкм. А какой должен быть зазор или натяг в сопряжении? Ответ: он во много десятков раз больше. Получается, что «бешеная» точность измерения совершенно ни к чему – она лишняя, избыточная и точности измерения не прибавляет.

Кроме того, любой самый точный прибор начнет безбожно «врать», как только попадает в несо-

ответствующие его точности температурные условия. Для прецизионных измерений, как известно, необходимо строго поддерживать температуру в помещении на уровне $20 \pm 1^\circ \text{C}$. А насколько реально это выдержать на практике? Иногда можно, но далеко не всегда – при исследовании двигателя условия на СТО могут быть самыми разными и весьма далекими от тепличных.

Вот и получается, что точность измерений должна соответствовать реальным деталям и реальным условиям. А этот уровень для большинства автомобильных деталей и узлов – «сотка», или 0,010 мм. Исключение составляют лишь некоторые особо точные сопряжения, например, поршневого пальца, плунжера гидрокомпенсатора или деталей топливной аппаратуры – там точность измерений должна быть выше. Но и для таких измерений при правильном подходе в целом не требуется ничего сверхъестественного – обычные измерительные приборы.

Подобные измерительные приборы в отечественной практике применяются очень широко. Это всем известные нутромеры и микрометры – простые, доступные и надежные. Именно они и являются главными измерительными инструментами исследователя неисправностей двигателей.

Такие приборы выпускаются в разных диапазонах, например, микрометры имеют диапазоны измерений через 25 мм – это 0–25 мм, 25–50 мм, 50–75 мм, 75–100 мм и т.д. У нутромеров диапазоны несколько другие – например, 6–10 мм, 10–18 мм, 18–50 мм, 50–100 мм.

Самое же важное у этих приборов в том, что совмещение их в простую измерительную систему типа «нутромер – микрометр» позволяет непосредственно измерить зазор или натяг в сопряжении деталей. Вал при этом измеряется микрометром, нутромер настраивается на этот размер, и далее с его помощью измеряется диаметр отверстия относительно вала, т.е. относительная величина зазора.

Специалисты могут возразить: нутромер нельзя настраивать по микрометру – только по специальному кольцу-калибру. Действительно, кольцо позволяет исключить главным образом погрешность измерения абсолютного размера от износа ножки нутромера (ее контакт с цилиндрической поверхностью кольца и с плоской поверхностью микрометра дает несколько разные результаты). Но для относительных измерений это ненужно и неважно. Более того, как только начинаются измерения абсолютных размеров, сразу исключается непосредственное измерение зазора, к тому же для микрометра потребуется свой калибр. В результате можно легко прийти к описанной выше ошибке, намного превышающей все возможные погрешности настройки нутромера по микрометру.

Для того чтобы лучше понять некоторые особенности таких измерений, можно посмотреть, как особо «грамотные» специалисты в области



5.76. Импортный цифровой нутромер – вещь, конечно, хорошая, но для исследования причин неисправностей двигателей дорогая и совершенно лишняя, кольца-калибры (внизу) – недешевое к нему дополнение



5.77. Микрометры – один из главных инструментов исследователя при измерении деталей типа валов

технических измерений применяют разного рода измерительные «изыски», не выдерживающие вообще никакой критики.

Есть, к примеру, такой прекрасный и чрезвычайно точный прибор – оптиметр, он служит для измерения плоских деталей. Но если «специалистам» надо измерить поршень, это не имеет значения. Микрометр или рычажная скоба им не интересны – они у всех есть, а клиента надо «напугать» точностью, чтобы уважал. Вот и стараются, измеряют бочкообразный поршень на оптиметре: поршень на столе прибора гуляет, как хочет (его наружная поверхность весьма далека не только от плоской, но и от цилиндрической), стрелка индикатора скачет, как безумная. И что получают в результате, сами не знают. Но все очень точно.

Или такой вариант: вместо обычного микрометра используют рычажную скобу с индикатором (этот прибор еще называют пассаметром). Дело в принципе неплохое – рычажная скоба настраивается на нужный размер с помощью плоскопараллельных мер длины, после чего поршень можно измерить с точностью до 2 мкм. Да и шейку коленчатого вала легко «прокрутить» скобой и сразу получить, к примеру, ее эллипсность. Но если с коленчатым валом это понятно, там эллипсность должна быть не более 5 мкм, то причем здесь поршень с цилиндром? Некоторые, тем не менее, умудряются даже нутромер настраивать на ноль по измерительной скобе, видимо,

для еще большей точности. Которую тогда вообще не получить – в обоих приборах есть пружинные элементы.

Однако одной лишь избыточной точностью дело здесь тоже не ограничивается – все указанные особо точные приборы во много раз дороже тех, которые обеспечивают достаточный для двигателя уровень точности. Остается только предположить, что «грамотные» действуют по известному принципу «глаза боятся – руки делают», невзирая ни на какие расходы. Только что руки делают, к сожалению, непонятно даже самим «грамотным».

Приведенные примеры показывают, что избыточная точность измерительных приборов не только не нужна, но и вредна – вместо повышения точности получается ее ухудшение при резком возрастании цены инструмента. Отсюда следует очевидный вывод о том, что правильный выбор измерительного инструмента для исследований предусматривает только разумную его точность, соответствующую допускам на детали, которые надо измерить.

Одни из наиболее распространенных позиций при исследовании технического состояния двигателей – лекальная линейка и набор плоских щупов. Такой набор используется для проверки и измерения деформации (отклонения от плоскостности) плоскостей головок и блоков цилиндров. Применяемые лекальные линейки могут быть различной формы – плоские, треугольные



5.78. Нутромеры составляют пару с микрометрами и служат для точного измерения размеров отверстий и величины зазоров, причем без этих сравнительно недорогих приборов определить техническое состояние двигателя невозможно



5.79. Плоскопараллельные меры длины (плитки Йогансона) – чрезвычайно точный, но дорогой инструмент, позволяющий не только настраивать все измерительное хозяйство исследователя, но и непосредственно измерять детали, например, ширину (высоту) канавки кольца на поршнях

и 4-угольные, с длиной не менее 400 мм (иначе измеренная деформация у длинных деталей будет всегда меньше действительной).

К плоским щупам особых требований не предъявляется, это весьма полезный инструмент для измерения многих плоских деталей и зазоров между ними. Например, замки поршневых колец, зазоры между кольцами и канавками на поршне, зазоры в упорных подшипниках и многие другие наиболее просто и удобно измерить именно таким инструментом.

То же самое можно сказать и о наборах радиусных шаблонов – этот нехитрый инструмент очень полезен в случае усталостного разрушения коленчатого вала после ремонта, он позволяет легко и быстро измерить радиус галтели между

шейкой и щекой, а именно там обычно и лежит причина поломки.

Рассматривая другие измерительные инструменты, часто используемые при измерениях деталей двигателей при исследовании их технического состояния, нельзя не отметить штангенциркули различных видов.

Штангенциркуль – универсальный инструмент, который применяется при различных вспомогательных измерениях. Почему вспомогательных, понятно из сравнения точности прибора (у обычных штангенциркулей он не превышает 0,05–0,10 мм) с допусками на основные размеры деталей (0,010 мм). Причем более точные индикаторные и цифровые штангенциркули практически сохраняют ту же самую область применения.



5.80. Некоторые примеры избыточной точности: если пассаметр (рычажная скоба) (слева) редко, но еще находит применение для измерения отдельных деталей (поршневые пальцы, плунжеры), то цифровой микрометр (внизу) и, тем более, оптиметр (справа) в исследовании технического состояния двигателей – практически лишние и «непрошенные гости»



5.81. Без набора для измерения деформации плоскостей – лекальной линейки и набора плоских щупов – перегретый двигатель не исследуется

Основная причина ограничения области применения этих приборов заключается в том, что результат измерения очень сильно зависит от угла наклона с измеряемой деталью. В результате даже при «соточной» точности погрешность измерения оказывается слишком большой, и заменить микрометр и нутромер такой штангенциркуль не может. Исследователю это полезно учитывать при планировании расходов на измерительный инструмент – не всегда красивая и более дорогая вещь лучше.

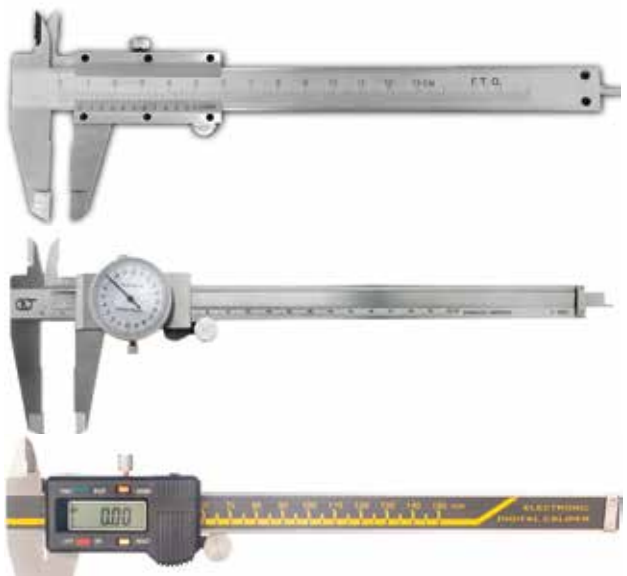
При измерениях некоторых деталей в редких случаях находят применение и более экзотические приборы – типа штангенглубиномера для измерения глубины и штангенрейсмаса для высоты. Например, первый удобно применить для измерений расположения различных следов в цилиндре. Для некоторых видов исследований находят применение и сугубо специальные приборы, как, например, для измерения биения рабочей фаски клапанов. Тем не менее следует отметить, что эти приборы более применимы для ремонта деталей, чем для исследования их технического состояния, и поэтому рекомендовать их для собственной лаборатории исследователя можно только при условии ее глубокой специализации.

Практика показывает, что многие из указанных выше инструментов должны быть у исследователя, если при выполнении им исследовательских работ предполагается разборка двигателя и измерения каких-либо изношенных или поврежденных деталей. К сожалению, та же практика показывает и обратное – многие наиболее «грамотные» специалисты заявляют на исследование и требуют разобрать двигатель, имея в руках одну только фотокамеру (до смартфонов пока еще дело доходит редко). Тогда спрашивается – а что они там смогут увидеть?

И действительно, есть немало примеров, когда такой «специалист» с фотокамерой наперевес лучше бы сидел дома – после его «работы» бывает



5.82. Набор радиусных шаблонов – очень простой, но эффективный инструмент для измерения радиусов галтелей



5.83. Различные виды штангенциркулей, используемых при исследовании причин неисправности двигателей (сверху вниз) – традиционный, индикаторный и цифровой: несмотря на вроде бы серьезные возможности и точность индикаторных и цифровых приборов, обычный штангенциркуль ничем не хуже, поскольку более высокую точность в исследованиях обеспечивают микрометры и нутромеры



5.84. Специальные и потому редко используемые приборы (слева направо) – штангенрейсмас для точного измерения высоты деталей и штангенглубиномер для глубины, однако несколько приборов применяют чаще – это индикаторный глубиномер, который удобнее при контроле выступающего клапана в головках блока цилиндров и поршней над плоскостью блока, и еще пару полезных приборов «специального назначения» – для контроля деформации клапанов и биения седла относительно направляющей втулки

очень трудно восстановить картину поврежденных, особенно когда демонтированные детали не только не были измерены, но даже и не были сохранены должным образом.

Чтобы помочь всем исследователям организовать работу правильно, все указанные выше измерительные инструменты были сведены в таблицу (табл. 5.7), из которой можно видеть не только, где и в каких видах исследований может потребоваться тот или иной инструмент, но также и каковы ориентировочные расходы на оснащение лаборатории исследователя такой измерительной техникой.

Что еще должен помнить исследователь? Измерительный инструмент и приборы мало при-

обрести, их еще надо держать в работоспособном состоянии, иначе в один прекрасный день окажется, что ими нельзя пользоваться. Это значит, что уже через год после покупки потребуются проверка как минимум для наиболее востребованных микрометров и нутромеров. И получение соответствующего сертификата, подтверждающего заявленные характеристики точности прибора. А это дело непростое, нужно искать соответствующую организацию, выполняющую такие услуги, и недешевое. Но необходимое, в противном случае результаты измерений могут оказаться недостоверными, как и основанные на них выводы заключения.

Таблица 5.7. Универсальный измерительный инструмент, применяемый в исследовании причин неисправности разобранных двигателей

№ п/п	Название прибора	Точность	Где применяется	Как часто используется	Ориентир. цена, USD
1	Микрометр	0,010	Валы, плоские детали	Часто	От 15
2	Нутромер	0,010	Отверстия	Часто	От 70
3	Лекальная линейка	–	Плоскости	Часто	От 80
4	Набор щупов	–	Зазоры	Часто	От 3
5	Набор радиусных шаблонов	–	Радиусы галтелей	Не очень часто	От 7
6	Плитки Йогансона	0,001	Настройка приборов, измерение расстояний между плоскостями	Не очень часто	От 80
7	Штангенциркуль	0,05–0,10	Предварительные измерения	Не очень часто	От 10
8	Штангенциркуль цифровой	0,02	То же	Не очень часто	От 35
9	Призмы и поверочная плита	–	Деформация валов	Не очень часто	От 500
10	Магнитная индикаторная стойка	–	То же, люфты	Не очень часто	От 30
11	Рычажная скоба	0,002	Валы, точные измерения	Редко	От 250
12	Штангенглубиномер	0,050	Глубина деталей	Очень редко	От 80
13	Штангенрейсмас	0,050	Высота деталей	Очень редко	От 80

5.2.3.3 Техническая информация*

Странный вопрос – зачем эксперту какая-то информация? Он же и так должен все знать – на то он и эксперт. И именно в этом вопросе – ключ к пониманию роли информации для экспертных исследований.

На самом деле, техническая информация об исследуемом двигателе в подавляющем большинстве случаев является ключевой для определения причины его неисправности. Но эта вроде бы простейшая и очевиднейшая истина наталкивается на совершенно чудовищные попытки ее опровержения в практике экспертных исследований. Так, выше уже упоминался случай, когда исследователь в своем заключении даже не смог определить, какой двигатель он исследует – бензиновый или дизельный, у которых могут быть совершенно разные причины одного и того же повреждения. Вот еще один, совсем характерный пример.

В двигателе нового снегохода через короткое время после приобретения владельцем обнаружались признаки неисправности в виде периодической неустойчивости и самопроизвольной остановки с зажиганием лампы Check engine. За дело, засучив рукава, взялся очень «грамотный» исследователь. Для начала он отправил владельца исследовать двигатель самостоятельно в длительной поездке, пока владелец не вернулся с горящей лампой. Потом он провел массу всевозможных тестов, из которых половина говорила, что все исправно, а половина что все неисправно. Так, иногда свечи зажигания забивались нагаром, а иногда работали нормально. Как и лампа Check engine – она то вспыхивала, то гасла. В общей сложности исследование было проведено в три приема, с полностью противоположными результатами. Естественно, выяснить, что происходит с двигателем, так и не удалось. Но зато удалось совершенно точно установить, что «двигатель снегохода имеет неустраняемые производственные недостатки». И понятно почему – потому что «нарушений правил эксплуатации» исследователь не выявил...

* Раздел подготовлен с использованием некоторых данных С.П. Газетина.

При изучении всех имеющихся материалов, тем не менее, удалось установить, что один факт из заключения следует совершенно точно – исследователь и понятия не имеет о том, что за двигатель он исследует. Этот двигатель – 2-тактный, нового поколения, с непосредственным впрыском топлива, так называемой раздельной смазкой и очень сложной системой регулирования фазы выпуска, смазываемой от системы смазки. Как известно, главное отличие смазки 2-тактного двигателя от всех 4-тактных – масло непрерывно подается вместе с топливом на смазку всех деталей и непрерывно расходуется на прогар, но при раздельной смазке масло идет в двигатель от отдельной масляной системы. Сгорание масла неизбежно и вызывает естественное нагарообразование, поэтому для нормальной работы 2-тактного двигателя со сложной системой регулирования выпуска производитель требует применения только специального оригинального масла – в противном случае управляющий клапан системы будет заклинивать от непрерывного образования нагара, а двигатель будет принудительно останавливаться в аварийном режиме. Дальнейшее изучение документов показало, что владелец и не собирался выполнять никаких «правил эксплуатации» – вопреки требованию производителя он эксплуатировал снегоход исключительно на дешевом неоригинальном масле. Которое периодически и вызывало «неустраняемые производственные недостатки».

Данный пример хорошо показывает, что такое информация. Если ее нет, то никакие действия исследователя никогда не приведут к цели – можно исследовать и три, и десять раз одно и то же, но понять, что происходит, будет практически невозможно. И только если исследователь располагает информацией (в том числе хочет и может ею располагать), он при определенных условиях сможет определить причину неисправности.

Фактически для исследователя причин неисправности двигателя информация имеет то же значение, что и для диагноста на СТО – без нее нельзя найти неисправность. Но есть одно отличие. Как



5.85. Схема 2-тактного двигателя с регулированием выпуска (слева), конструкция клапана системы (в центре) и пример того, что происходит с клапаном при использовании дешевых масел (справа) – чтобы найти причину неисправности, необходимо знать конструкцию и особенности эксплуатации этого двигателя: 1 – выхлопная труба; 2 – выпускной канал; 3 – клапан системы регулирования выпуска

определить, при необходимости, что диагност на СТО владеет всей информацией, требуемой для диагностики и устранения неисправности? Как правило, это нетрудно сделать по конечному результату – если устранил неисправность, значит, владеет. У исследователя-эксперта результаты (выводы в заключении) от информации могут прямо и не зависеть, по крайней мере явно это не определить. Однако есть косвенные признаки.

Например, в списке источников в заключении оказались одни законы, стандарты и учебники? Это не информация об исследуемом двигателе и его неисправностях, таких источников не только недостаточно для определения неисправности, наоборот – их вполне хватит для обратного утверждения: исследователь никакой информацией не владеет вовсе. Если же в заключении указаны такие источники, как руководства по эксплуатации и ремонту исследуемого двигателя, специализированные справочники и книги о неисправностях двигателей и их различных узлов, то утверждать точно нельзя, но хотя бы косвенно можно предполагать, что такой исследователь с необходимой информацией все же знаком.

Итак – информация. В диагностике двигателей ее даже называют еще одним инструментом диагноста, причем универсальным. Почему так, понятно – диагност работает с приборами, инструментами и информацией одинаково, все они есть средства достижения одной цели – найти и устранить неисправность.

У исследователя-эксперта цели и задачи похожи, но немного другие – надо найти причину неисправности, а устранять неисправность не надо, это уже дело диагностов и механиков-мотористов. Иногда, правда, исследователь может указать, каким способом можно и/или нужно устранить неисправность. Но только в том случае, если заказчик исследования попросит...

Каково же место технической информации в процессе поиска причин неисправностей двигателя, и какая информация на сегодняшний день доступна для исследователя? На этот вопрос можно ответить, если рассмотреть его с позиций диагностики, но учесть различия в целях и задачах.

Первое, что надо отметить, – объем технической информации, касающейся автомобильной техники, совершенно необъятен. Поскольку «объять необъятное» нельзя, необходимо определить, о какого рода информации идет речь. Для чего всю техническую информацию, которую использует в работе исследователь причин неисправности двигателей, можно подразделить на несколько основных групп.

К первой группе относится так называемая базовая информация. Она представляет собой сведения о физических основах рабочих процессов в двигателе и его системах. Базовая информация абсолютно открыта и доступна. Ее можно почерпнуть из учебников, научных книг и периодических

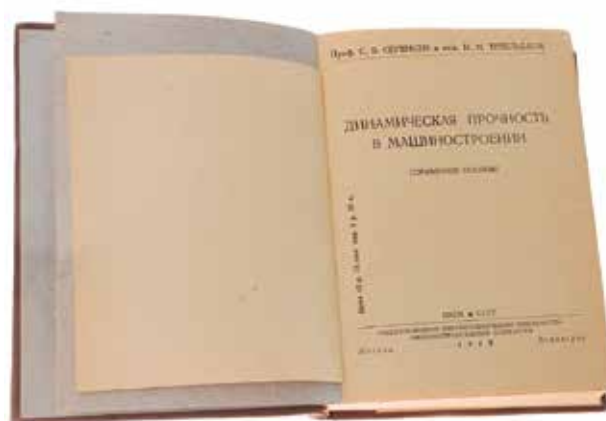
изданий. Проблема овладения базовой информацией заключается не столько в том, где и как ее получить, сколько в том, как ее усвоить. Процесс усвоения опирается на хорошие знания физики, в том числе ее специальных разделов – термодинамики, газовой динамики, теплопередачи, а также химии, электротехники и других технических дисциплин. Все это требует длительного времени и огромных усилий.

Как и многое другое, что дается нам большим трудом, базовые знания бесценны. Это тот самый багаж, который «плечо не давит», хотя постоянно находится с нами. Его «размер» вместе с умением мыслить логически главным образом и определяет успех в работе исследователя. Причем, что интересно, многое из этого исследователь получает в соответствующем вузе. Вывод прост: без овладения базовой информацией успешно заниматься исследованием причин неисправностей двигателя невозможно, т.е. без базового образования никуда. Отсюда, кстати, должно быть понятно, почему специалист, к примеру, в экономике или юриспруденции не сможет исследовать неисправности двигателей – у него просто нет базовых знаний в нужной области!

Следующая группа источников технической информации имеет совсем иной характер – это справочная информация. Она довольно специфическая и конкретная, ее даже можно разбить на несколько видов. Потребность в справочной информации возникает лишь время от времени. Тем не менее она занимает важное место в исследовательском процессе.

Для чего нужна справочная информация? Процесс исследования неисправности связан с анализом большого количества данных, отражающих текущее состояние двигателя. Например, цель выполняемых с использованием рассмотренных выше приборов измерений – установить, соответствуют ли измеренные параметры двигателя, его систем, размеры деталей норме. А что это за норма? Чтобы дать ответ, нужно знать нормативный уровень измеряемых и/или анализируемых величин, который обычно определяется производителем и является одной из составляющих справочной технической информации.

Исследуемые системы современного двигателя состоят из большого числа механических, электромеханических и электронных элементов. Они объединены в единое целое – двигатель – замысловатыми связями и скреплены непростой логикой функционирования. Часто для обнаружения неисправности требуется точное знание внутреннего устройства отдельного элемента или его взаимосвязи, в том числе механической или электрической, с прочими компонентами системы. Держать эти сведения в голове, когда речь идет об исследовании совершенно разных двигателей, немислимо, да и незачем – проще ознакомиться с конструкцией элементов и их



5.86. Базовые знания исследователя – основа любого исследования по определению причины неисправности двигателя

внутренним устройством, используя справочную информацию.

Среди справочной информации, которая часто используется в работе исследователя причин неисправностей двигателей, можно упомянуть: размеры деталей и узлов, в том числе зазоры и натяги, моменты затяжек резьб, регулировочные данные, описания специфических процедур проверки параметров, расшифровки кодов неисправностей, обозначения и заводские номера запасных частей и многое-многое другое.

Можно ли при исследовании причин неисправности обойтись без пользования такой справочной технической информацией? В ряде случаев можно. Действительно, причины некоторых неисправностей удастся обнаружить, даже не обращаясь к справочным данным. Для этого исследователь должен быть хорошо знаком с устройством исследуемого двигателя и иметь четкое представление об основах работы его систем, т.е. обладать хорошим багажом базовых знаний. Но практика показывает, что даже тогда, когда исследователь, в зависимости от собственного опыта, т.е. качества базовых знаний, справляется с решением задачи, не обращаясь к справочной технической информации, это ни в коем случае не умаляет ее значения. Потому что в других случаях без нее просто не обойтись.

Необходимо учитывать, что в последнее время значимость технической информации стремительно возрастает. Этому способствует увеличение количества и усложнение всех систем в современных автомобилях. Помимо этого, идет усложнение и самих систем самодиагностики двигателя. Например, количество считываемых из памяти блока управления параметров увеличилось настолько, что никакого опыта уже не хватит, чтобы разобраться и проанализировать их, не прибегая к справочным данным.

Если говорить о различных видах справочной технической информации, то ее прежде всего можно разделить на два основных вида – авторизованную и неавторизованную. Авторизованная

информация готовится самим производителем автомобилей и предназначена для использования официальными дилерами. Поэтому ее также с полным основанием можно назвать первичной информацией, или дилерской.

Дилерская информация, естественно, узкоспециализированная, она касается автомобилей только одной марки. Выпуская на рынок новую модель или серию автомобилей, производитель одновременно с этим распространяет и техническую информацию, обеспечивающую возможность их обслуживания. Естественно, никто не обладает более точными данными по автомобилю, чем тот, кто его разработал и производит. В силу этого авторизованная техническая информация – наиболее полная и достоверная, и поэтому представляет максимальную ценность для автоспециалистов. Однако надо помнить, что не все автоконцерны заботятся о том, чтобы переводить выпускаемую ими техническую литературу на языки всех народов мира. Поэтому по некоторым моделям автомобилей справочная информация бывает доступна только на языке производителя и/или наиболее распространенных европейских языках (английском, немецком).

Дилерская информация об исследуемом автомобиле обычно всегда доступна исследователю по запросу к заказчику исследования, если заказчик – дилер или суд. Однако при проведении внесудебных исследований по заказу владельца автомобиля дилерская информация может оказаться недоступной. В связи с этим необходимо отметить, что при попытке самостоятельно приобрести авторизованные источники нужно быть готовым к серьезным затратам. Действительно, авторизованная информация недешева – приобретение авторизованных баз производителей автомобилей для задач исследования неисправностей, скорее всего, окажется экономически нецелесообразным, так как их стоимость легко может составлять эквивалент до нескольких тысяч долларов. Тем более, базы данных разных производителей имеют разную организационную

ENGINE MECHANICAL SERVICE DATA

Ignition timing	with Terminals TC and CG of DUC3 connected	6 to 12°BTC at idle
	with Terminals TC and CG of DUC3 disconnected	5 to 10°BTC at idle
Idle speed	A/T	650 to 750 rpm
	A/T	510 to 710 rpm
Compression	Compression pressure	1,350 MPa (13.9 kgf/cm ² , 198 psi)
	Minimum pressure	0.98 MPa (10 kgf/cm ² , 142 psi)
	Difference between each cylinder	100 MPa (1.0 kgf/cm ² , 14 psi)
Valve clearance (cold)	Intake	0.19 to 0.29 mm (0.0075 to 0.0114 in.)
	Exhaust	0.38 to 0.48 mm (0.0150 to 0.0189 in.)
Balance shaft		
Standard thrust clearance		0.050 to 0.090 mm (0.0020 to 0.0035 in.)
Maximum thrust clearance		0.09 mm (0.0035 in.)
Standard oil clearance		0.004 to 0.049 mm (0.0002 to 0.0019 in.)
Maximum oil clearance		0.049 mm (0.0019 in.)
Housing journal bore diameter	Mark 1	26,500 to 26,606 mm (1,0236 to 1,0239 in.)
	Mark 2	26,507 to 26,612 mm (1,0239 to 1,0241 in.)
	Mark 3	26,610 to 26,618 mm (1,0241 to 1,0243 in.)
		22,985 to 23,000 mm (0.9049 to 0.9055 in.)
Journal diameter	Mark 1	22,985 to 23,000 mm (0.9049 to 0.9055 in.)
	Mark 2	22,985 to 23,000 mm (0.9049 to 0.9055 in.)
	Mark 3	22,985 to 23,000 mm (0.9049 to 0.9055 in.)
		22,985 to 23,000 mm (0.9049 to 0.9055 in.)
Standard bolt length		56.3 to 59.7 mm (2,218 to 2,350 in.)
		60.3 mm (2,374 in.)
Maximum bolt length		64.86 to 1,489 mm (0.0565 to 0.0566 in.)
		1,490 to 1,492 mm (0.0566 to 0.0567 in.)
Bearing center wall thickness	Mark 1	1,486 to 1,489 mm (0.0565 to 0.0566 in.)
	Mark 2	1,490 to 1,492 mm (0.0566 to 0.0567 in.)
	Mark 3	1,493 to 1,496 mm (0.0567 to 0.0569 in.)
Oil pump drive sprocket	Minimum sprocket diameter (with chain)	48.2 mm (1,894 in.)
Oil pump drive shaft sprocket	Minimum sprocket diameter (with chain)	48.2 mm (1,894 in.)
Crankshaft timing sprocket	Minimum sprocket diameter (with chain)	51.6 mm (2,031 in.)
Chain tensioner slipper	Maximum wear	1.0 mm (0.039 in.)
Chain vibration damper No. 1	Maximum wear	1.0 mm (0.039 in.)
Chain tensioner plate	Maximum wear	0.5 mm (0.020 in.)
Cylinder head set bolt	Standard bolt length	141.3 to 142.7 mm (5,563 to 5,616 in.)
	Maximum bolt length	144.2 mm (5,677 in.)
Chain sub-assembly	Maximum chain elongation	114.5 mm (4,508 in.)
No. 2 Chain sub-assembly	Maximum chain elongation	102.2 mm (4,024 in.)
Camshaft timing gear assembly	Minimum gear or sprocket diameter (with chain)	97.3 mm (3,831 in.)
Camshaft timing sprocket	Minimum gear or sprocket diameter (with chain)	97.3 mm (3,831 in.)
Camshaft (intake)		
Maximum circle runout		0.03 mm (0.0012 in.)
Standard cam lobe height		47,306 to 47,406 mm (1,8624 to 1,8664 in.)
Maximum cam lobe height		47,196 mm (1,8551 in.)
No. 1 journal diameter		35,911 to 35,960 mm (1,4142 to 1,4167 in.)
Outer journal diameter		22,959 to 22,975 mm (0,9039 to 0,9043 in.)

5.87. Дилерская информация по исследуемому двигателю позволяет получить большое количество точных данных об объекте исследования. При исследовании причин неисправности двигателей это в первую очередь размеры и параметры узлов и деталей, а также методы их проверки

структуру, и хорошее освоение сразу нескольких по-разному построенных программ потребует от пользователя профессиональных навыков не только в знании систем автомобиля, но и в работе с компьютером. Поэтому для исследователя, который занят работами по исследованию причин неисправностей двигателей автомобилей разных производителей, альтернативы использованию универсальных неавторизованных источников и баз данных может не оказаться.

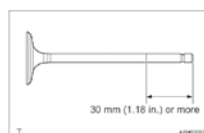
Еще один подвид справочной информации от производителя – руководства (инструкции) по эксплуатации исследуемого автомобиля. Это очень важный источник, но назвать его дилерским можно только с натяжкой, поскольку руководство прикладывается к автомобилю и предназначено непосредственно его владельцу, а не дилеру. Однако это не менее официальная информация, чем, к примеру, дилерские руководства по обслуживанию и ремонту, поскольку ее выпускает сам производитель автомобиля. Сюда же относятся и приложения к ней – например, гарантийная и сервисная книжка.

Из таких инструкций следует масса нужных исследователю данных – заправочные емкости, регламент ТО и замены масел и жидкостей, их разрешенные марки, расходы жидкостей, условия эксплуатации автомобиля, порядок действия водителя при возникновении неисправностей, и т.д. и т.п. Во многих случаях без таких данных установить или, наоборот, исключить некоторые

причинно-следственные связи (например, возникновения неисправности с действиями водителя) не удастся.

Некоторые импортеры (представительства) делают руководства по эксплуатации доступными, их можно легко найти и скачать с соответствующего интернет-сайта, однако для отдельных автомобилей найти руководство по эксплуатации, при отсутствии его у владельца, трудно. Для совсем безнадежных случаев надо иметь в виду, что иногда владельцы размещают фотокопии руководств по эксплуатации своих автомобилей в соответствующих интернет-клубах по маркам автомобилей. Тем не менее следует учитывать, что производитель может изменять руководство по эксплуатации, и совершенно необязательно, что руководство, выпущенное в разные с исследуемым автомобилем годы, соответствует данному автомобилю.

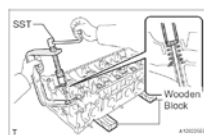
Точно так же руководство по эксплуатации для любого автомобиля, импортируемого в США, легко находится на соответствующем интернет-сайте марки (что, по всей видимости, связано с обязанностью производителей импортируемых в США автомобилей открытого размещения информации), однако та же модель в тот же год выпуска, но для другого рынка, может иметь руководство с некоторыми важными отличиями, касающимися, в частности, марок топлива, периодичности проверок, графиков ТО со сроками смены масел и фильтров и др. В отдельных случаях такие отличия резко снижают ценность



8. **INSTALL INTAKE VALVE**
- Apply a sufficient coat of engine oil to the tip area of the intake valve shown in the illustration.
 - Install the valve, compression spring and spring retainer to the cylinder head.

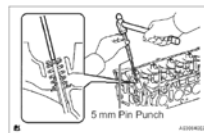
NOTICE:

Install the same parts in the same combination to the original locations.



- Using SST and wooden blocks, compress the spring and install the 2 retainer locks.

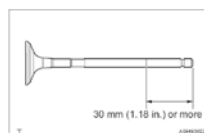
SST 09202-70020 (09202-00010)



- Using a 5 mm pin punch and plastic hammer, lightly tap the valve stem tip to ensure a proper fit.

NOTICE:

Be careful not to damage the valve stem tip.

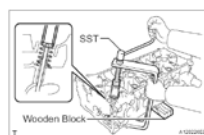


9. **INSTALL EXHAUST VALVE**

- Apply a sufficient coat of engine oil to the tip area of the exhaust valve shown in the illustration.
- Install the valve, compression spring and spring retainer to the cylinder head.

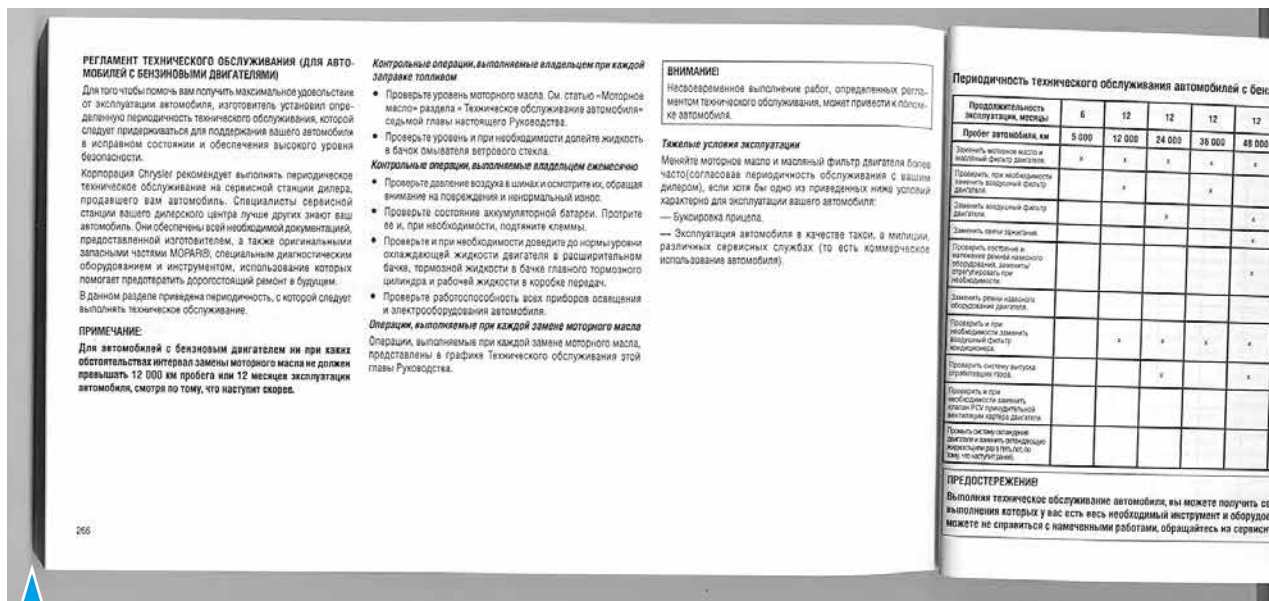
NOTICE:

Install the same parts in the same combination to the original locations.



- Using SST and wooden blocks, compress the spring and install the 2 retainer locks.

SST 09202-70020 (09202-00010)



5.88. Если для диагностики руководства по эксплуатации автомобиля требуются редко, то при исследовании причин неисправности они могут играть важную роль

руководств, выпущенных для автомобилей других рынков, для конкретных исследований.

Еще один источник авторизованной информации, расположенной на интернет-сайтах некоторых импортеров – каталоги запасных частей, находящихся на локальных складах. Эта информация может быть исключительно полезной, если исследователю поставлена задача, помимо поиска причины неисправности, не только указать способы ремонта, но и его стоимость.

Источники неавторизованной справочной технической информации – это книги, издаваемые различными фирмами и издательствами, которые занимаются обработкой и публикацией данных, приобретенных у производителей или добытых иным путем. Таким образом, неавторизованная информация – это информация вторичная. Ее качество зависит как минимум от двух факторов: от того, насколько полные данные удалось добыть у производителя, и насколько удачно удалось их переработать.

Упомянутые показатели, естественно, выше у известных и мощных фирм, давно работающих на рынке технической информации. Они нарабатывали хорошие связи с автопроизводителями и имеют достаточные материальные ресурсы для периодического пополнения и обновления информации. Переработка первичной информации может заключаться в ее переводе, грамотном отборе наиболее полезных сведений, приведении по-разному оформленных данных к единой форме, удобной для пользователя, дополнению фотоматериалами и т.д. Опыт и практика работы показывает, что качественные источники неавторизованной информации в подавляющем большинстве случаев позволяют решать все проблемы.

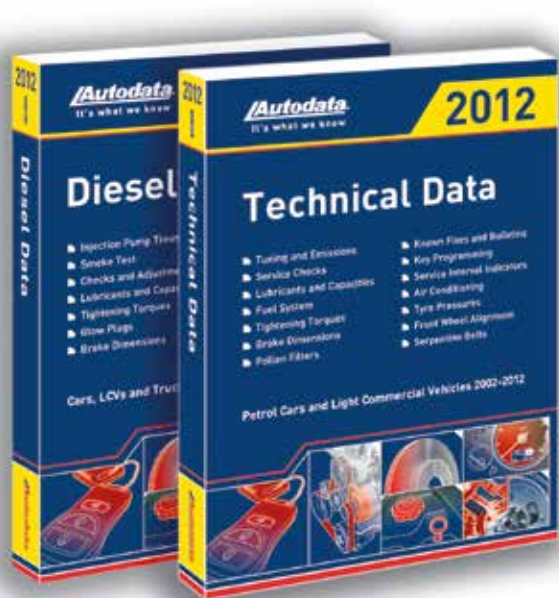
Неавторизованная информация может быть как узкоспециализированной (касаться одной марки

или модели автомобиля, рассматривать особенности одной из его систем), так и универсальной.

Узкоспециализированная неавторизованная информация – это довольно популярная среди владельцев автомобилей книги по обслуживанию и ремонту конкретных моделей автомобилей, выпускаемые многими издательствами и имеющиеся в продаже. Универсальная информация, напротив, содержит разносторонние сведения о техническом устройстве большого количества автомобилей. В этом случае говорят о справочно-информационной базе данных. Она характеризуется широтой охвата по моделям и глубиной представленного материала. В прошлом все эти источники выпускались в виде печатной продукции, но с развитием компьютерной техники большинство массивов технической информации стало распространяться и на электронных носителях, компакт-дисках.

Из огромного количества выпускаемой универсальной литературы следует в первую очередь отметить известное европейское издательство Autodata. Для исследователя причин неисправностей двигателей могут представлять интерес книги и сборники по автомобилям, двигателям и их системам. В них приводятся описание систем, компонентов, их расположение, процедуры проверки и ремонта, электросхемы, конфигурации разъемов, коды неисправностей с расшифровкой, алгоритмы поиска неисправностей, нормы времени и другая полезная техническая информация по европейским и азиатским автомобилям. Вся эта информация сведена также в единую информационную базу данных фирмы – Autodata Online, имеющую русифицированную версию.

Также следует отметить большое количество выпущенных издательством книг фирмы Bosch, посвященных системам и агрегатам подачи топлива бензиновых и дизельных двигателей. По-



5.89. Книги и программы фирмы Autodata – серьезные информационные источники для исследования причин неисправностей двигателей

лезным для оценки стоимости ремонтных работ является и отдельно выпускаемый компакт-диск Autodata «Нормы времени для сервисных и кузовных работ», однако следует иметь в виду, что, как и многие другие неавторизованные источники, эти базы данных имеют ограничения по годам производства автомобилей, поэтому информацию по новым автомобилям в них не всегда можно найти.

Для исследователя причин неисправностей двигателей практический интерес также представляют книги самой фирмы Bosch, в частности справочники по бензиновым и дизельным двигателям, а также каталоги неисправностей насосов высокого давления разных типов и форсунок, с очень подробным описанием процессов, систем и параметров. Из универсальных баз данных на компакт-дисках можно отметить и справочно-информационную базу ESI[tronic] фирмы Bosch для автомобилей европейского рынка, в которой представлены наиболее полные данные по автомобилям, на которые Bosch поставляет запчасти и агрегаты. ESI[tronic] содержит специальный диагностический раздел и обширную информацию по дизельным агрегатам – регулировочные данные, конструкция, инструмент (что определяет ее использование и в качестве программного обеспечения фирменного сканера Bosch KTS). Однако следует иметь в виду, что, будучи весьма ценным источником для диагностики, эта база менее востребована при исследовании причин неисправностей двигателей.

Действительно, разница между задачами диагностики и исследования причин неисправностей наиболее сильно проявляется именно в использовании информационных баз данных. Например, некоторые базы данных, хорошо известные и популярные среди диагностов, находят ограничен-

ное применение для задач исследования причин неисправностей двигателей. Это, в частности, в значительной степени относится к широко известной технической информации издательств Mitchell и AllData, выпускаемых в виде сборников компакт-дисков.

Сдругой стороны всю глобальную сеть Интернет в настоящее время условно можно считать огромной базой данных. Причина проста – большое количество информации по автомобилям и двигателям можно при умелом поиске найти в интернете, причем на некоторые автомобили иногда удается находить даже дилерские руководства по ремонту.



5.90. Справочники и базы данных фирмы Bosch могут быть очень полезны при исследованиях многих неисправностей

Помимо этого, некоторые базы данных, в частности, каталоги запчастей со схемами и детализировками узлов, привязаны ко многим интернет-магазинам по продаже запчастей, что позволяет достаточно легко найти и оригинальный номер детали, и ее цену на независимом рынке. Однако подобные базы имеют недостатки с точки зрения исследований причин неисправностей, что ограничивает их применимость. Так, в них есть далеко не все выпускаемые модели автомобилей, т.е. охват некоторых моделей ограничен вторичным рынком с возрастом автомобилей от 4–5 лет и старше. Второй недостаток в некоторой степени связан с первым – цены на детали даны только у независимых поставщиков, в то время как в случае исследования неисправности, возникшей в гарантийный срок, ремонт производится по дилерским ценам, заметно превышающим уровень рынка, в результате чего расчет затрат на ремонт гарантийного автомобиля по этим базам данных выполнить невозможно.

Еще один из вспомогательных справочных источников информации – каталоги продукции производителей комплектующих для двигателей. Известные производители, выпуская большое количество комплектующих, приводят в каталогах их параметры, в том числе точные размеры, которые могут быть использованы для проверки состояния деталей в исследуемом двигателе. В настоящее время все такие каталоги имеют онлайн-версии, но при необходимости скачиваются с интернет-сайтов производителей.

Еще один подвид источников справочной информации – это нормативно-техническая документация, в том числе стандарты и регламенты. Их роль в исследованиях становится большой, когда производители в своей документации не регламентируют какие-либо параметры, требующие сравнения. Это возможно, к примеру, когда надо сравнить свойства применяемого топлива, масла, параметры фильтров, свойства материалов деталей и др. с некими эталонными «нормальными» значениями. Нормируются и некоторые методики, например, испытаний узлов и агрегатов, отбора проб и т.д., которые могут быть полезны при некоторых видах исследований. Практика также показывает, что при исследованиях причин неисправностей двигателей такие источники имеют, как правило, больше вспомогательное, нежели основное значение, однако в некоторых случаях их данные могут дать направление действий исследователя и даже предоставить ключевую информацию по причине неисправности (например, при сильных отличиях от заданного регламентами и стандартами свойств топлива, твердости материала детали и др.).

Особое место в списке источников информации занимают издания производителей комплектующих для двигателей, посвященные повреждениям и дефектам выпускаемой продукции. По важности предоставляемой информации эти данные вполне заслуживают выделения в отдельную группу источников, которую можно назвать специальными.



5.91. Детализовка двигателей, доступная в интернет-магазинах запчастей, помогает понять конструкцию двигателя и составить список деталей для оценки стоимости ремонта

Это, как правило, открытые источники информации, они издаются в виде книг, но их можно скачать и с интернет-сайтов производителей. В них содержится специальная информация для тех, кто непосредственно занят исследованием причин неисправностей двигателей – а это не обязательно эксперты, это и водители, механики-мотористы, продавцы запчастей, руководители предприятий. Диагностов можно поставить только в конце этого списка – у них, в отличие от перечисленных категорий, данная информация мало востребована. И в этом, пожалуй, заключается одно из главных отличий между исследователем причин неисправности двигателей и диагностом.

Среди указанных специальных источников выделяется немецкая фирма MSI Motor Service International (Kolbenschmidt) – в базе данных фирмы огромное количество материалов о повреждениях всех моторных деталей и узлов, выпускаемых фирмой, – гильз цилиндров, поршней, поршневых колец и пальцев, вкладышей подшипников, клапанов, направляющих втулок, фильтров и т.д. Материал дается в виде своеобразных иллюстрированных фотографиями справочников (каталогов) неисправностей отдельных деталей или их групп по основным признакам неисправностей, но есть и специальные книги общего характера, например, по расходу и потерям масла. Отдельной темой проходит еще одна группа руководств – по технологиям правильного ремонта деталей двигателей, они очень полезны при поиске неисправностей, связанных с ремонтом. Фирма также

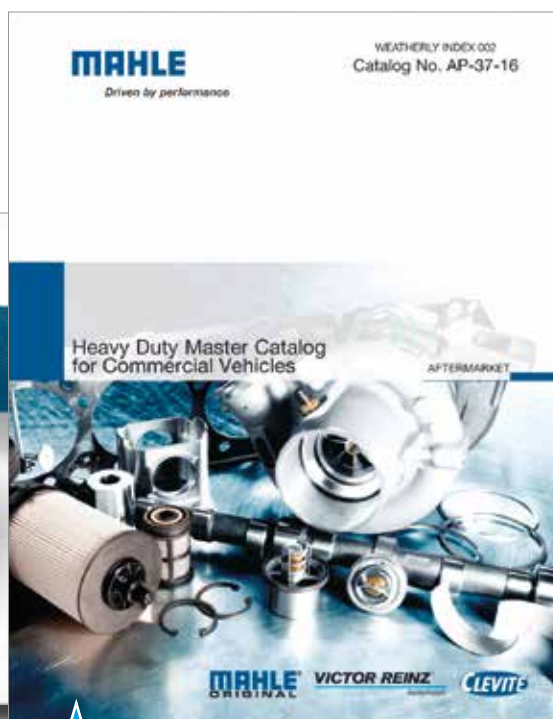
выпускает технические бюллетени по отдельным конкретным наиболее важным видам поврежденных и поломок деталей. Все перечисленные книги выпускаются фирмой в печатном виде, но могут быть также получены с интернет-сайта фирмы в электронном виде.

Еще один важный источник аналогичной информации – немецкая фирма MAHLE. Ее иллюстрированные фотографиями справочники (каталоги) неисправностей также охватывают все выпускаемые этой фирмой двигательные узлы и детали, причем эта информация во многих случаях не повторяет, а дополняет информацию Kolbenschmidt, а некоторые данные MAHLE можно считать уникальными, например, по повреждениям вкладышей подшипников и неисправностям турбокомпрессоров.

Из полезных специальных источников информации данного вида следует также отметить иллюстрированные справочники неисправностей поршней английской фирмы AE, подшипников коленвала американской фирмы Clevite и израильской KING Bearings, повреждений прокладок головок цилиндров немецкой фирмы Elring. Аналогичные справочники неисправностей выпускают некоторые автопроизводители, например, Ford и VW, а также производители мотоциклов, снегоходов и двигателей для силовой техники (YAMAHA, BRP), где можно найти специфическую информацию по неисправностям малых, в том числе, 2-тактных двигателей. Существуют справочники неисправностей отдельных узлов, двигателей



5.92. Различные справочники MSI Motor Service International (Kolbenschmidt) в печатном и электронном виде – одна из самых информативных на сегодня баз данных по неисправностям двигателей



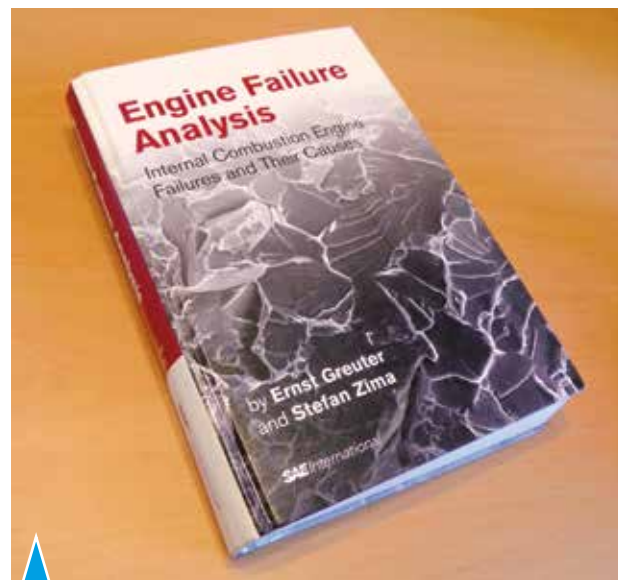
5.93. Без справочников фирмы MAHLE исследование некоторых неисправностей может оказаться неполным

и вспомогательных агрегатов, выпускаемые их производителями – например, справочники неисправностей подшипников насосов охлаждающей жидкости (SKF), маховиков и демпферов (LUK, SACHS, DANA). Здесь могут быть интересны и некоторые дополнительные источники – например, справочники дефектов и повреждений коленчатых валов, публикуемые Заволжским моторным заводом, и цилиндропоршневой группы от Костромского завода «Мотордеталь».

Несмотря на огромный массив всех перечисленных специальных данных и справочников, сегодня над всей этой огромной базой стоит единственная в своем роде специализированная книга-энциклопедия по неисправностям двигателей, изданная немецкими авторами Эрнстом Греутером и Стефаном Зимой – «Анализ отказов двигателей» (Ernst Greuter, Stefan Zima «Engine Failure Analysis»). В ней можно найти совершенно уникальные данные, например, о повреждении и разрушении не только поршней, вкладышей и клапанов, но также головок и блоков цилиндров, шатунов, шестерен, цепей и ряда других деталей, практически полностью отсутствующие в других источниках. К сожалению, ее можно приобрести только на заказ, что не очень дешево, и она пока имеет только немецкое и английское издания, поэтому исследователю придется применить свои знания немецкого или английского языка. Но можно сказать определенно, что использование подобных источников при исследованиях, ссылки на них при выявлении аналогий – верный признак профессионализма исследователя.

Практика, тем не менее, показывает, что какими бы обширными и подробными ни были публикуемые справочные и специальные данные, во многих из них не всегда удастся найти нужную информацию – хотя бы потому, что нередко она нужна в иной, требуемой исследователю форме, чем это дает производитель комплектующих. Например, в отличных каталогах-справочниках неисправностей производителей практически невозможно найти примеров производственных дефектов – это и понятно, поскольку производители стараются акцентировать внимание потребителя в первую очередь на ремонтных и эксплуатационных неисправностях.

Именно поэтому, помимо пользования готовыми базами данных, в процессе работы стоит в том или ином виде накапливать и свою собственную. В то же время следует отметить, что исследователю нет необходимости приобретать и аккумулировать необходимую справочную и специальную литературу, что называется, всю и сразу. Собственную информационную базу правильнее формировать постепенно, в соответствии с возникающими потребностями. Это позволит более точно понять, что нужно в работе именно конкретному исследователю. Ведь, как было сказано выше, недостаток справочной литературы не является непреодо-



5.94. Уникальное издание – книга *Engine Failure Analysis*, ее по праву можно назвать настольной книгой исследователя причин неисправностей двигателей

лимым препятствием в работе – в большинстве случаев главными при исследовании причин неисправностей двигателей остаются базовые знания, практический опыт и логика мышления.

5.2.3.4 Электронная диагностика*

Как уже отмечено выше, при исследовании причин неисправностей двигателей особое место, без сомнения, занимает так называемая электронная диагностика (иногда используется и другое ее название – компьютерная). И хотя суть этого вида исследований заключена в названии, тем не менее это требует пояснения.

Электронной диагностикой ниже будет называться исследование электронной системы управления двигателем с помощью электронных же диагностических средств. Из определения сразу же следует как минимум два вывода:

- 1) для данного вида исследования необходим какой-то соответствующий ему электронный прибор;
- 2) если в исследуемом двигателе нет электронной системы управления, или она приведена по какой-то причине в нерабочее состояние, то диагностирование электронным способом будет бессмысленным – некуда подключить этот прибор, или он не сможет считать нужную исследователю информацию.

Последний вывод очень важен для практики, поскольку достаточно снять и разобрать двигатель, чтобы привести электронную систему управления в состояние № 2 – фактически без возможности ее диагностирования.

С другой стороны, хорошо известно, что при обслуживании и ремонте автомобилей операция диагностики проводится, и даже вполне успешно. Воз-

* Раздел подготовлен под редакцией С.П. Газетина.

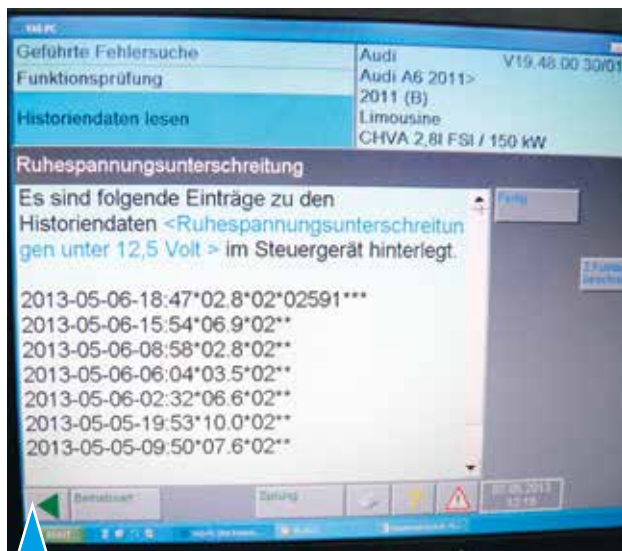
никает вопрос – зачем же исследователю-эксперту какая-то диагностика, да еще и электронная? Есть же диагност – вот пусть он и диагностирует!

Роль электронной диагностики в исследовании причин неисправности двигателей

Действительно, на всех СТО – и дилерских, и независимых, всегда есть участок диагностики и соответствующие специалисты – диагносты, в задачу которых входит диагностика автомобиля и, в частности двигателя, с помощью электронных средств. Более того, именно диагност выполняет эту работу с помощью достаточно сложного электронного диагностического оборудования, в то время как исследователь-эксперт своего собственного оборудования данного вида, скорее всего, не имеет и работать на нем тоже не умеет. Однако совершенно ясно, что получаемые при электронной диагностике данные могут содержать важные сведения об исследуемом двигателе – нужно только попросить диагноста добыть их.

Но это в теории – на практике нередко наблюдается обратная картина...

Двигатель гарантийного автомобиля бизнес-класса объемом 2,8 л периодически с трудом запускался, а иногда и вовсе отказывался это делать – как установили на СТО в ходе предварительной диагностики, происходил разряд аккумуляторной батареи и срабатывала лампа Check Engine из-за ошибки в системе регулирования фаз газораспределения. Ситуация не изменилась даже после того, как заменили батарею, блок управления энергопотреблением и механизм регулирования фаз одного из рас-



5.95. Если исследователь не смог (или не захотел?) разобраться в этих странных колонках цифр, выдаваемых диагностическим прибором, то найти причину неисправности двигателя у него, скорее всего, тоже не получится

предельных валов. Ничего не помогло – жалобы владельца продолжались. Тогда на «место происшествия» был вызван грамотный специалист, который с помощью фотокамеры быстро зафиксировал все, что нужно. Через некоторое время на свет явилось заключение, из которого ожидаемо следовало, что речь идет о совершенно «неустранимом» производственном дефекте. Только специалист, также ожидаемо, «забыл» указать, в каком именно месте находится дефект – то ли в электросистеме автомобиля, то ли в самом двигателе...

Изучение всех представленных СТО документов и заключения показало, что специалист даже не посмотрел в имеющуюся распечатку протокола диагностики автомобиля. Действительно, это было не так просто сделать – распечатка содержала 64 страницы. Но из них, при детальном изучении, следовала интересная картина.

Исследуемый автомобиль был оборудован системой контроля за энергопотреблением, основная задача которой – уменьшить затраты мощности, топлива и, соответственно, вредные выбросы на обеспечение работы электросистемы автомобиля. Для этого производитель использовал специальные алгоритмы работы электросистемы, включая режим подзаряда АКБ минимально возможным током, а для исключения разряда батареи рекомендовал проводить соответствующий вид техобслуживания – периодическую зарядку АКБ при тяжелых условиях эксплуатации.

Но как определить, какой режим эксплуатации был у автомобиля? Оказывается, из протокола диагностики можно было получить сведения о длительности поездок и простоев автомобиля, из которых также нетрудно было выяснить, что автомобиль эксплуатировался исключительно в режиме редких коротких поездок со средней продолжительностью около 15 минут, между которыми следовали длительные стоянки со средним временем более 4 суток. Полученную информацию подтверждал пробег автомобиля – за 2 года он составил менее 7000 км. Дальнейший расчет показал, что при такой эксплуатации сравнительно быстрый (по пробегу) разряд АКБ при полностью исправной электросистеме становится неизбежным (требуется обслуживание с подзарядкой АКБ, которого владелец не делал), а запуск двигателя при падении напряжения в сети и сильно затрудненном прокручивании стартером от разряженной батареи может приводить и к появлению кода ошибки – при совершенно исправном двигателе...

Данный пример показывает, что исследователю причин неисправностей двигателей действительно совершенно необязательно быть диагностом

и самому выполнять соответствующие диагностические процедуры. Но понимать сам процесс диагностики, а именно, как и зачем он делается, что получается в результате, и как со всем этим быть дальше, он обязан. В противном случае ему остается или искать и анализировать какие-то косвенные признаки, или, как в приведенном примере, с уверенностью находить «неустраняемые» производственные дефекты.

Какие же задачи решает данный вид диагностики при исследовании причин неисправностей двигателей? Для ответа на этот вопрос необходимо рассмотреть некоторые особенности устройства систем управления двигателями, но вначале придется немного углубиться в историю вопроса.

Средства электронной диагностики

Первые диагностические приборы для измерения электрических параметров стали использоваться при обслуживании двигателей тогда, когда автомобили начали активно оснащать электрическими системами. То есть практически одновременно с появлением бортовой сети с ее характерными компонентами: аккумуляторной батареей, стартером и генератором, а также системой искрового зажигания с высоковольтной катушкой и прерывателем-распределителем.

Приборы умели измерять частоту вращения коленчатого вала (обороты двигателя), угол замкнутого состояния контактов прерывателя, напряжение в разных точках (в том числе на прерывателе), переменную составляющую пульсаций генератора и др. По сути, это были немного видоизмененные амперметры, вольтметры и тахометры. Чуть позже к ним прибавился осциллоскоп (или осциллограф), и стало возможным наблюдать (или регистрировать) форму быстротекущих процессов, например, изменение напряжения в первичной цепи системы зажигания, кривую высоковольтного разряда.

Но подобные комплексы позволяли исследовать лишь вспомогательные системы двигателя (систему электропитания, зажигания) и не давали никакой информации о состоянии самого двигателя, его системы питания и, тем более, механических систем. С появлением и распространением электронных систем управления подачей топлива и зажиганием необходимость в таком приборе приобрела еще более острый характер – необходим был прибор для считывания информации из памяти электронных блоков управления. Такой тип прибора получил название «сканер».

Впервые подобный прибор был применен на сборочных линиях американской корпорации General Motors (GM) в самом начале 1980-х в качестве средства выходного контроля. В то время на автомобилях концерна начали активно использовать электронно-управляемые системы подачи топлива (электронные карбюраторы и устройства впрыска). Первые их образцы, как все принципно-

ально новое, не отличались высокой надежностью, вследствие чего и возникла задача проверки работоспособности электронных систем топливopодачи перед отправкой автомобилей потребителю.

Чтобы решить эту задачу, потребовалось добавить несколько полезных функций электронному блоку управления (ЭБУ) – его наделили возможностью измерять электрические параметры элементов топливной системы и, сравнивая их с эталонами, делать вывод об их работоспособности. Обнаруженные отклонения или неисправности сохранялись в электронной памяти ЭБУ в виде цифровых кодов. Помимо этого, можно было вывести для просмотра и анализа текущие параметры топливной системы – другими словами, первые ЭБУ снабдили и способностью к самодиагностике.

Если ЭБУ диагностировал себя сам, то стоявший в конце сборочной линии инспектор мог узнать результаты его проверки с помощью специального диагностического прибора – сканера, подключив его к специальному разъему системы управления топливopодачей. По команде оператора прибор сканировал (опрашивал) блок управления, используя понятный тому язык, а ответы ЭБУ переводил с «электронного» на обычный, английский. Так инспектор получал возможность прочесть сообщения ЭБУ о неисправностях, а также проверить параметры элементов системы на правдоподобность и в случае несоответствия – отправить автомобиль на доработку.

Поначалу такие электронные приборы применялись только в условиях конвейера. Механикам и диагностам, желавшим воспользоваться информацией, сохраненной в памяти ЭБУ, вместо использования прибора предлагалось, например, установив особым образом перемычку в диагностическом разъеме, считать коды неисправностей. Они определялись по миганию лампочки (например, лампы Check Engine) на приборной панели (блнк-коды). Но позже GM принял решение о необходимости использования сканеров также и в дилерской сети автообслуживания. Так у американских диагностов впервые появился прибор, позволяющий не только считывать коды неисправностей (и расшифровывать их), но и получать информацию о наиболее важных текущих параметрах системы впрыска топлива.

Функциональное назначение определило и облик прибора, ставший впоследствии традиционным. Небольшой корпус сканера имеет дисплей для вывода текстовой (или графической) информации и устройство управления режимом работы – клавиатуру. Для обмена информацией с электронными устройствами автомобиля сканер оснащается одним или несколькими кабелями с адаптерами для подсоединения к диагностическому разъему (разъемам), предусмотренным на данном автомобиле.

Впоследствии примеру GM последовали и другие производители автомобилей, инициировав-



5.96. Традиционный внешний вид сканера практически определился еще при его рождении и почти не изменился за много лет

шие производство сканеров для своих дилерских сетей. Параллельно с этим разработчики начали наделять ЭБУ двигателя, а затем и ЭБУ других электронных систем, все большими возможностями самодиагностики. Таким образом сканеры стали основными приборами для считывания диагностической информации, измеряемой и накапливаемой в электронных блоках управления различных систем автомобиля.

Из приведенной истории легко понять специфические особенности сканера. Например, сканер сам ничего не измеряет (датчиков в своем составе не имеет), а только считывает результаты измерений и их анализа, выполненного системой управления каким-либо агрегатом автомобиля. Причем сканер получает информацию не в аналоговой форме, а на языке электронного устройства – в виде цифрового кода.

Поскольку сканер – не измерительный прибор, а всего лишь дешифратор, его способности ограничены возможностями программы, заложенной в электронный блок управления проверяемой системы. Полнота диагностической информации, получаемой при помощи сканера, в первую очередь зависит от разработчика системы управления и только во вторую – от производителя сканера.

Сканер не способен сообщить больше информации, чем выдает ЭБУ конкретной системы автомобиля. Например, сканер сам по себе не даст никаких сведений о тех данных, которых системы автомобиля не получают и не анализируют. Отсюда можно сделать еще один вывод: если автомобиль не имеет цифровых систем управления, обладающих функцией самодиагностики, применение сканера для его исследования бессмысленно.

Система управления топливоподачей двигателя – одна из первых цифровых систем автомобиля. Позже список автомобильных агрегатов, управляемых электроникой, пополнился такими устройствами, как АБС, АКП, подушки безопасности, климатическая установка и др. Каждое из них имеет свой электронный блок управления. На

современном автомобиле их количество может достигать многих десятков.

Поскольку ни одна из систем не обладает абсолютной надежностью, стало нормой наделять блоки их управления способностью постоянно контролировать работоспособность наиболее важных элементов и сохранять результаты инспекции в памяти. В результате полноценный сканер имеет возможность получать информацию диагностического характера от большого числа электронных систем автомобиля. А содержимое памяти блока представляет безусловный интерес для исследователя как неоценимое подспорье при поиске причины неисправности.

Помимо считывания кодов неисправностей, сканер дает возможность выводить на дисплей текущие параметры системы, которые, как упоминалось, измеряет или рассчитывает блок управления. Этот режим работы сканера на англоязычный манер называется «data stream», т.е. «поток данных». Если при этом иметь четкое представление о работе испытываемой системы, используя режим «data stream», можно проверить работоспособность не только самой системы управления, но зачастую и агрегата автомобиля, который она контролирует.

Сканеры, которые разрабатывались по заказу конкретного автопроизводителя в интересах его фирменной сети техобслуживания, в обиходе принято называть дилерскими. Позже, нарабатывая опыт и получив от производителей необходимую информацию об особенностях электронных устройств управления их автомобилей, разработчики сканеров стали создавать универсальные приборы. Они предназначались для использования независимыми автосервисами, обслуживающими различные марки автомобилей.

Универсальность сканера можно понимать в нескольких смыслах. Прежде всего, с точки зрения широты охвата, т.е. его применения на автомобилях различных марок. Тем не менее, хотя современные универсальные приборы хорошего уровня способны работать с автомобилями разных произ-



5.97. Некоторые результаты многолетнего развития универсального направления электронной диагностики – популярные сканеры из Европы и Азии

водителей, до сих пор абсолютно универсального сканера не существует.

С программной точки зрения «национальные особенности» тестируемого автомобиля в универсальном сканере учитываются при помощи дооснащения базового устройства соответствующим программным продуктом, отражающим специфику управляющей электроники автомобиля данной марки. Дополнительная программа может поставляться в виде сменного картриджа или на перепрограммируемой карте внешней памяти (например, PCMCIA- или SD-карта), которые вставляются в сканер. Новейшие модели сканеров часто оснащены встроенной памятью достаточно большого объема, что позволяет без ограничений обновлять программное обеспечение на протяжении всего срока службы прибора. Использование перепрограммируемой памяти, как встроенной, так и на сменных носителях, позволяет загружать новые версии программы при помощи персонального компьютера, в том числе через интернет.

Обновление программного обеспечения сканера особенно актуально, потому что ни один производитель сканеров не выпускает на рынок программный продукт «на все времена», так как это просто невозможно. Поскольку электроника автомобилей непрерывно совершенствуется, вслед за ней, хотя и с некоторым опозданием, «подтягиваются» диагностические приборы. Причиной обновления «софта» также может являться устра-

нение ранее допущенных ошибок, расширение охвата по моделям и системам автомобиля, придание сканеру дополнительных функций и т.д.

Универсальность сканера также определяется и тем, насколько полон список электронных систем, которые сканер может тестировать на автомобиле данной марки. Эта характеристика сканера во многом зависит от качества используемого в нем программного продукта и добросовестности разработчика.

Специфика автомобилей разных производителей заключается не только в использовании разных протоколов обмена, но и диагностических разъемов различной конфигурации. Чтобы учесть эту особенность, универсальные сканеры снабжаются комплектом кабелей-адаптеров для подключения к системе бортовой диагностики. Стремясь придать сканерам еще большую универсальность, некоторые разработчики снабжают свою продукцию дополнительными функциями. Так, некоторые модели приборов имеют встроенный мультиметр и даже цифровой запоминающий осциллограф.

Наиболее функционально совершенным дилерским и мультимарочным сканерам часто присуща и такая функция, как репрограммирование. Она заключается в способности сканера вносить изменения или дополнения в программу блока управления системой автомобиля. Репрограммирование может пригодиться, если программное обеспечение системы



5.98. Наиболее функциональными и мощными средствами электронной диагностики, как и в прошлые годы, остаются дилерские сканеры. Непрерывный процесс развития сделал некоторые из них довольно похожими внешне – слева направо сканеры Mercedes, Toyota, Nissan, VW



5.99. Типичный программный сканер – это обычный персональный компьютер, снабженный соответствующей программой и интерфейсным адаптером для подключения к диагностическому разъему автомобиля



5.100. Дилерские сканеры дают возможность не только получать коды ошибок и потоковые данные, но и отображать их в графическом виде. Такие же функции имеют мультимарочные сканеры

управления содержит ошибки, выявленные при эксплуатации, когда производитель автомобилей выпускает очередную, усовершенствованную версию «софта», при установке нового ЭБУ, сброса адаптаций ЭБУ после ремонта и т.д.

На развитии универсальных сканеров благоприятно сказался процесс унификации, вызванный принятием стандартов OBD-II (On Board Diagnostic-II) и EURO-OBD. Стандарты предписывают автопроизводителям использование единого протокола обмена и стандартного диагностического разъема. Основная причина унификации – все то же ужесточение экологических требований, которое явилось движителем прогресса и в самих электронных системах управления. Действительно, при использовании единого стандарта появляется возможность выявлять и устранять неисправности не только на станциях техобслуживания официальных дилеров, но и в ближайших независимых СТО, располагающих универсальными сканерами.

Поскольку классический сканер – это специализированный микрокомпьютер, с повсеместным распространением персональных компьютеров, а затем и ноутбуков, логично возникла идея использовать их вычислительные возможности, а также управляющие и отображающие устройства для считывания диагностической информации из бортовой электроники.

Чтобы превратить обычный персональный компьютер или ноутбук в сканер, нужно научить его по команде оператора запрашивать и получать сведения от ЭБУ и представлять их на экране монитора в доступном виде. Эти проблемы решаются с помощью установки на компьютере специальной программы. Для обмена данными между компьютером и ЭБУ используется специальный интерфейсный адаптер, или коммуни-

кационный модуль. Так появились приборы, получившие название «программные сканеры» (сканеры-программы). В результате возможности программных сканеров и классических сканеров аппаратной реализации сравнялись, и в настоящее время при диагностике современных автомобилей находят широкое применение оба вида этих приборов.

Основные принципы диагностирования системы управления двигателем с использованием сканера

Рассмотрим более подробно, каким образом выполняется электронная диагностика, отметив при этом, что, хотя речь идет о работе диагноста, исследователь-эксперт, присутствуя при этом, должен хорошо понимать цели и задачи действий диагноста. И знать, что ему надо получить от диагностики для дальнейшего анализа.

Чтобы это выяснить, необходимо рассмотреть принцип построения системы управления двигателем и особенности ее диагностирования. Согласно основным требованиям действующих стандартов OBD-II и EOBD, бортовой компьютер автомобиля должен включать контрольную лампу индикации неисправности (MIL – Malfunction Indicator Lamp), называемую также лампой Check Engine (Проверь двигатель) на панели приборов, срабатывающую в случае обнаружения неисправности в следующих системах.

1. Неисправности в узлах системы снижения токсичности отработавших газов.
2. Нарушения работы узлов системы управления трансмиссией, влияющих на токсичность отработавших газов.
3. Неисправности в самом блоке управления.

При возникновении неисправностей в память блока управления записываются соответствующие

диагностические коды неисправностей (DTC – Diagnostic Trouble Codes), предусмотренные требованиями системы.

Для проверки наличия неисправностей, в том числе кодов DTC, необходимо подключить электронный диагностический прибор (сканер) к диагностическому разъему автомобиля. На дисплее прибора будут отображаться коды DTC, текущие параметры (фиксированные наборы параметров) и другие различные данные о состоянии и условиях работы двигателя.

При нормальной эксплуатации автомобиля система самодиагностики работает в обычном режиме, при котором для обеспечения точного определения неисправности обычно применяется так называемая логика диагностирования за две поездки (поездкой считается работа двигателя между включением и выключением зажигания). Это предполагает, что при первом обнаружении неисправности соответствующие ей DTC временно сохраняются в памяти блока управления (первая поездка). Далее, если эта же неисправность регистрируется снова во время последующего цикла движения, включается контрольная лампа MIL (вторая поездка).

Если в какой-то момент эксплуатации появилась серьезная неисправность, то код ошибки, соответствующий данной неисправности, записывается в память блока управления вместе со всеми параметрами, которые имел автомобиль и двигатель на момент возникновения неисправности, включая скорость движения, обороты коленвала, температуры в характерных точках их измерения, время с начала поездки и т.д. При этом на момент возникновения неисправности некоторые важные коды в памяти блока управления сохраняются вместе с мгновенными значениями текущих параметров, действующими на момент регистрации соответствующего DTC (так называемые «замороженные» данные – Freeze Frame Data).

И вот какая может быть польза от этих непонятных «замороженных» данных...

В двигателе объемом 2,5 л гарантийного автомобиля бизнес-класса произошло серьезное разрушение поршня и шатуна при пробеге менее 10 тыс. км. Водитель доставил автомобиль на СТО дилера и утверждал, что никаких признаков неисправностей не было, поломка произошла при нормальном режиме движения. А посему предъявил претензию с требованием выполнить гарантийный ремонт.

Разборка и осмотр двигателя были выполнены только после полной диагностики с чтением замороженных данных на момент возникновения выявленных ошибок. Было понятно, что двигатель получил тяжелые повреждения и не подлежал ремонту, причем явных признаков какой-либо одной версии неисправности в процессе предварительного исследования деталей найти не удалось. Однако при изучении данных диагностики выяснилось, что имеются два протокола с «замороженными» данными – один был распечатан на момент поступления автомобиля с разрушенным двигателем и еще один получен за 4500 км до поломки, когда, как выяснилось, автомобиль был доставлен с жалобой на некую неисправность в виде горящей лампы MIL. Но тогда никакой неисправности не нашли. Вот в том «старом» протоколе и обнаружилась удивительная картина...

Оказывается, за почти 5 тыс. км до разрушения в двигателе произошло аномальное явление – на скорости 28 км/ч за доли секунды нагрузка пиково возросла с 70 до 130% и опять упала, а двигатель сбросил обороты коленвала с 1925 до 114 об/мин, при этом температура воздуха на входе практически мгновенно упала на 6°. Система самодиагностики записала и несколько важных кодов ошибок, в частности, по

Item	-3	-2	-1	0	1	Unit
Vehicle Speed	26	26	26	28	28	km/h
Engine Speed	1853	1925	434	275	114	rpm
Vehicle Load	89.4	94.5	100.0	100.0	85.4	%
Vehicle Load	70.1	71.3	129.4	95.9	29.0	%
MAP	32.14	33.98	13.92	6.21	0.71	g/cm ²
Manifold Pressure	99	99	99	99	99	g/cm ²
Coolant Temp	86	86	86	86	86	°C
Intake Air	25	25	25	26	25	°C
Engine Run Time	527	527	528	528	528	s
Coolant Engine Coolant Temp	38.7	38.7	38.7	38.7	38.7	°C
Intake Air Temp	31.8	31.8	31.8	31.8	25.6	°C
Battery Voltage	13.945	13.945	13.789	13.203	12.636	V
Oil Indicator Supported	Unsupported	Unsupported	Unsupported	Unsupported	Unsupported	
Oil Indicator	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
Accel Sens. No 1 Volt %	30.5	30.9	34.9	35.2	34.1	%
Accel Sens. No 2 Volt %	48.8	47.0	50.5	51.3	50.1	%
Throttle Sensor Volt %	26.8	27.0	29.0	29.8	17.2	%
Throttle Sensor Volt %	61.1	61.5	64.3	65.0	49.4	%
Throttle Sensor Positon	10.1	10.5	12.5	12.9	0.0	%
Throttle Sensor Positon	28.8	27.0	29.0	29.8	17.2	%
Throttle Motor DUTY	12.58	13.18	18.76	16.34	0.00	req
Throttle Positon	-	-	-	-	-	req



5.101. Распечатка «замороженных» данных (слева) за 5 тыс. км до разрушения двигателя (справа) уже совершенно точно показывала, что двигатель после гидроудара от попадания воды обречен. Но диагност, выполняя стандартные процедуры производителя, этого определить не мог

останову двигателя без выключения зажигания и по нескольким дальнейшим попыткам неуспешного запуска.

А что может вызвать такую аномалию, если автомобиль оборудован автоматической коробкой передач, и при данном режиме движения нет жесткой связи колес с двигателем? Только непосредственное воздействие на двигатель... воды, попавшей в цилиндр – так называемого гидроудара. Когда картина стала понятной, исследователь вернулся к деталям разобранного двигателя, уже зная, что искать. И действительно, следы достаточно слабого гидроудара на некоторых поверхностях были хорошо замаскированы повреждениями при разрушении деталей...

Приведенный пример показывает не только важную, а иногда и определяющую роль диагностики при исследовании причин неисправности, но и заметное отличие целей и задач диагноста и исследователя-эксперта. Действительно, диагност при поступлении неисправного автомобиля с горящей лампой МПЛ выполнил все предписанные производителем процедуры проверок, но неисправности не нашел, просто «погасил» лампу, стерев коды, и «отрапортовал» об исправности автомобиля. Исследователь изучил тот же самый протокол, который диагност видел неоднократно, и нашел аномальное изменение параметров, которое показывало не только то, что автомобиль на момент выхода с диагностического участка был неисправен, но и то, какая в автомобиле была неисправность, когда она возникла и к чему она предсказуемо привела.

Таким образом, правильное планирование диагностических работ и последующий правильный анализ полученной диагностической информации позволяет быстро и эффективно определить параметры, которые вышли за допустимые пределы и могут указывать на причину неисправности. Однако не все ошибки могут записываться вместе с «замороженными» данными, и не у всех моделей автомобилей удается получить такие данные тогда, когда они были бы полезны при поиске причины неисправности.

Когда для анализа возможных причин неисправностей получить дополнительные данные не удается, при отсутствии достаточной информации может оказаться полезным режим так называемой активной диагностики (поездка с диагностическим прибором). Для улучшения способности системы самодиагностики обнаруживать неисправности, в том числе эпизодические, при воспроизведении признаков неисправностей в режиме активной диагностики используется логика диагностирования за одну поездку (обычно реализуется в дилерских сканерах).

После проведения всех диагностических процедур, записи их результатов, проверки систем и устранения выявленных неисправностей со-

гласно ремонтной документации производится удаление кодов. Это тоже проще всего сделать с помощью сканера. На некоторых автомобилях коды DTC могут также удаляться (обнуляться) при отключении отрицательной клеммы АКБ автомобиля на время более 1 минуты. Факт удаления кодов фиксируется блоком управления, который ведет отсчет пробега автомобиля с этого момента.

Следует помнить, что если на момент проведения диагностики в памяти блока управления сохранена величина пробега с момента возникновения DTC, этот пробег означает либо пробег автомобиля с неисправностью с момента последнего обнуления кодов, либо пробег автомобиля с неисправностью непосредственно с момента возникновения этой неисправности, если за данный пробег не проводилось обнуления кодов. Эта особенность, присущая системам управления некоторых автомобилей, в отдельных случаях (например, при «сбрасывании» пробега автомобиля для продления его гарантии или перед продажей) может иметь исключительно важное значение для исследователя.

В системах управления двигателем для многих неисправностей, помимо логики диагностирования, применяется и соответствующая логика «забывания» неисправностей. Если неисправность не проявляется в течение заданного числа последующих поездок, контрольная лампа неисправности автоматически выключается, однако коды DTC остаются в памяти блока управления. То есть, если возникшая ранее неисправность не проявляется длительное время, то блок может о ней «забыть», как о случайном и/или незначительном сбое.

Обычно в системах управления реализуется логика «забывания» ошибок после большого числа поездок – например, после 40-й или даже 50-й поездки. Если в течение такого большого числа поездок неисправность не повторилась, то система выключает лампу МПЛ и переводит ошибку или в историю в разряд пассивных (не действующих) ошибок, или вообще стирает информацию об этой ошибке (в зависимости от вида ошибки).

Таким образом, если на момент диагностики автомобиля в памяти блока управления содержатся ошибки, то в зависимости от их статуса – активные они или пассивные, в блоке будет сохраняться информация о пробеге, при котором возникла ошибка, а также о состоянии лампы МПЛ на момент диагностики (включена или выключена). Упрощенно это может выглядеть так: в случае, если лампа МПЛ была включена, то ошибка активна, и система неисправна, если же лампа выключена – ошибка пассивна и на момент проверки неисправность не проявляется.

Указанные особенности работы системы управления, в том числе ее самодиагностики и диагностики с помощью сканера, широко используются на практике при анализе состояния системы управления и поиске причин неисправности двигателя.

Некоторые из таких источников уже были упомянуты выше – это специальные книги и статьи по неисправностям двигателей, которые обобщают опыт исследования их причин в различных организациях по всему миру. Анализ этих источников показывает, что каким бы реально грамотным ни был исследователь, а для исследования причин неисправности двигателей ему надо изучать периодические научно-технические издания. И следить за выходом соответствующих монографий. Что, понятное дело, требует больших затрат времени и совсем непросто, тем более, что эти источники в большинстве своем еще и на иностранных языках.

Но, как обычно это бывает, есть и хорошая новость. При некоторых видах повреждений двигателя появляется такой комплекс признаков, что определить причину неисправности становится легче даже в случае больших разрушений – важно только правильно эти признаки выявить.

5.4.2 Методология определения причин неисправности ДВС по характеру повреждений

Для практики может представлять определенный 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.

Действительно, далеко не все исследователи имеют соответствующую подготовку, квалификацию, опыт и надлежащие способности логического мышления, чтобы разобраться в сложных процессах повреждения, разрушения и взаимодействия деталей и их обломков, характерных именно для различных видов повреждений. В результате исследователь фактически предоставлен сам себе, и совершенно не факт, что в каком-либо конкретном случае он сможет правильно составить список возможных причин и проанализировать все соответствующие этим причинам признаки.

Анализ большого числа выполненных исследований показывает, что одной из главных проблем, не позволяющих значительному числу исследователей правильно определить причину неисправности двигателя, является отсутствие методик исследования. Причем речь идет не только и не столько об отсутствии утвержденных некими государственными органами методик исследования неисправностей ДВС, сколько даже о невозможности обнаружить какие-то общепринятые рекомендации, изложенные в общедоступной технической литературе по ДВС и их неисправностям.

Характерно, что отсутствие методик определения причин неисправностей ДВС в целом связано не только с недостаточным вниманием произво-

дителей к проблемам эксплуатации их техники, но и с трудностями объективного характера – например, сложностью или даже невозможностью, в отличие от научных исследований процессов и конструирования ДВС, формализовать процессы, а при их моделировании выявлять закономерности, пригодные для составления универсальных методик. Дополнительные трудности вносят особенности конструкций ДВС различных типов, что требует сбора статистических данных по характеру и особенностям неисправностей и разрушений даже для конкретных марок и моделей ДВС.

Одним из результатов отсутствия методик можно считать появление заключений, в том числе, судебных экспертиз, где, к примеру, исследователь может на полном серьезе утверждать, что шатун был сломан пополам в результате некоего взрыва «неправильного» топлива в цилиндре. Или от заклинивания в шатунном подшипнике от повышения мощности.

Таким образом, необходимость применения методик исследования и определения причин неисправностей ДВС очевидна, но также очевидно, что даже если такие методики разработать, не следует ожидать их полной универсальности и применимости для всех видов неисправностей. Но если создание каких-то универсальных методик затруднительно, то этого нельзя сказать о частных методиках, ограниченных какими-то более определенными состояниями неисправного двигателя. И действительно, опыт показывает, что с достаточно высокой достоверностью гораздо легче устанавливать причину неисправности, если, к примеру, двигатель получил определенный вид повреждений. К такому виду относятся, как ни странно, и так называемые тяжелые повреждения.

5.4.2.1 Тяжелые повреждения ДВС при различных видах разрушений деталей

К тяжелым повреждениям можно условно отнести такие, 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 неремонтопригодности двигателя. Обычно такой характер развития неисправности приводит к серьезным последствиям в виде множественных разрушений деталей, причем на 1-й взгляд, разобраться в причине при таком характере разрушений, когда многие детали повреждены и/или разрушены, не просто затруднительно, а даже невозможно.

И действительно, практика показывает, что чем сильнее разрушения, тем, как правило, больше может быть фантазия иного исследователя в части причины неисправности. Как уже отмечено, многие наиболее «грамотные» исследователи нередко заранее исключают часть возможных причин из анализа. Но чаще проблема в дру-



5.467. Типичные тяжелые повреждения ДВС: при гидроударе (1), масляном голодании (2), разрушении клапана (3) и поршневого пальца (4)

гом – они не могут отделить главные признаки от второстепенных, в результате причина неисправности определяется неверно. Хотя при правильном подходе к исследованию найти причину оказывается намного легче, чем кажется, именно для случаев тяжелых повреждений, что связано с ограниченным кругом причин, вызывающих подобные разрушения.

Как показано ниже, проблема создания пригодной для практического применения методики, действительно, может быть решена для некоторых видов неисправностей, если их признаки условно разделить на главные (присущие только данному виду неисправности), подтверждающие (главный признак и причину неисправности) и уточняющие (место повреждения, его характер и т.д.).

Рассмотрим, как это можно сделать практически. Как известно (и показано выше), все первичные разрушения деталей ДВС носят усталостный характер и связаны, главным образом, с нештатным (нерасчетным, не предусмотренным конструкцией) ростом нагрузок на деталь в результате некоего ее начального повреждения. Вторичное разрушение деталей, сопряженных и/или взаимодействующих с первично разрушенной, напротив, носит мгновенный, ударный и хрупкий характер и вызвано превышением предела временной прочности материала деталей в результате их

вторичного взаимодействия с образовавшимися обломками.

Многолетняя практика исследования различных видов неисправностей ДВС показывает, что наиболее тяжелыми повреждениями ДВС и их основными причинами являются следующие:

- 1) деформация стержня шатуна с последующим его разрушением в результате попадания жидкости в полость цилиндра (гидроудар), что приводит к частичному или полному разрушению поршня, разрушению соседнего шатуна (характерно для V-образных ДВС), пробоем стенки блока цилиндров от попадания обломков между стенкой и вращающимся коленчатым валом,
- 2) разрушение клапана вследствие дефекта сборки (характерно при ремонте). Различаются различные виды разрушения, в том числе, обрыв стержня в верхней части по канавке для сухаря вследствие перекоса тарелки пружины на стержне и отрыв головки клапана от стержня в результате касания головкой днища поршня вследствие неправильной установки фаз газораспределения. Разрушение клапана нередко приводит к частичному или полному разрушению поршня, в тяжелых случаях разрушается шатун и блок цилиндров,
- 3) разрушение шатунного подшипника вследствие масляного голодания (большое количество

причин) вызывает перегрев и потерю прочности нижней головки шатуна, что при одновременном появлении ударных нагрузок вызывает почти неизбежное ее разрушение (в том числе, по болтам крышки шатуна) с пробоем стенки блока цилиндров,

- 4) разрушение поршневого пальца (в том числе, вследствие производственного дефекта, вызванного некачественной механической обработкой поверхности отверстия) обычно приводит к разрушению поршня, шатуна, пробоем блока цилиндров.

Из указанных выше причин тяжелых повреждений наибольшую опасность представляет повреждение шатуна при попадании жидкости в цилиндр и дефект поршневого пальца – они отличаются достаточно длительным скрытым периодом (от начального повреждения до внезапной поломки), когда до самого момента поломки может вообще не наблюдаться никаких признаков повреждения (стук, шум, дымление, заметное ухудшение работы ДВС и т.д.). Помимо этого, данные виды повреждения одновременно являются и наиболее разрушительными, поскольку при рассогласовании на повышенных частотах вращающихся и поступательно движущихся частей ДВС возникает их соударение, сопровождающееся быстрым разрушением взаимодействующих деталей, включая блок и головку цилиндров. Кроме того, поскольку двигатель после выхода из строя по любой из указанных причин имеет и наибольшие разрушения, сопровождающиеся значительными повреждениями деталей и/или их обломков, установление причины повреждения двигателя и выхода его из строя во многих практических случаях затруднено.

Особенности разрушений, связанных с попаданием жидкости в цилиндр (гидроудар)

Выше уже были подробно рассмотрены причины и признаки такого повреждения. Жидкость, попавшая в цилиндр, естественным образом занимает объем сжимаемого воздуха, что на такте сжатия приводит к резкому возрастанию давления в цилиндре и нагрузок на шатунно-поршневую группу. При большом по сравнению с объемом камеры сгорания количестве попавшей в цилиндр жидкости происходит осевое сжатие шатуна вдоль стержня с потерей им устойчивости, а также деформация юбки поршня при чрезмерных нагрузках.

В зависимости от степени деформации шатуна после гидроудара возможны различные варианты дальнейшего развития событий. Так, при сильной деформации коленчатый вал будет заклинен вследствие упора поршня, расположенного на укороченном шатуне, в противовесы при подходе к НМТ, или, реже – при упоре сильно деформированного стержня шатуна в нижний край цилиндра. При средней (условно) деформации шатуна двигатель сохранит работоспособность, но вследствие



5.468. Шатун, деформированный при гидроударе (слева), неизбежно разрушится по стержню через определенное число циклов (справа)

уменьшения степени сжатия и компрессии нарушится баланс мощностей по цилиндрам (возникнет неравномерность работы двигателя и потеря мощности), а из-за деформации шатуна и поршня появится стук. И только при слабой деформации никаких явных признаков повреждения может не проявиться вообще.

Общим для средней и слабой деформации шатуна является появление при дальнейшей эксплуатации нештатных изгибающих нагрузок на деформированный стержень шатуна, при наличии которых стержень практически неизбежно разрушится от усталости через определенное время эксплуатации. Современные системы самодиагностики некоторых транспортных средств позволяют зафиксировать и идентифицировать момент начального повреждения данного типа (например, по самопроизвольной остановке ДВС при гидроударе, скачкообразному изменению параметров и т.д.), откуда даже можно точно выявить время до усталостного разрушения. Однако использовать эти данные для создания каких-то методик невозможно из-за влияния особенностей конструкции конкретных ДВС, режимов работы после повреждения, особенностей записи и хранения информации в большинстве систем самодиагностики (в том числе, стирание информации после снятия питания) и, как следствие, значительных трудностей в сборе необходимой статистики.

В результате чаще всего исследователь сталкивается только с конечным результатом гидроудара, а именно, с большим количеством обломков шатуна, поршня и блока цилиндров. При этом решить прямую задачу, а именно, только по характеру разрушения (излома) отдельных деталей определить причину, по которой они превратились в обломки, невозможно. В связи с этим для правильного опре-



5.469. Главный признак гидроудара – расширение пояса нагара в верхней части цилиндра (слева), и один из подтверждающих признаков – стертый нагар над отверстием поршневого пальца (справа), свидетельствующие о деформации (изгибе и укорочении) шатуна и работе поршня с перекосом и недоходом до ВМТ в цилиндре

деления причины необходимо решать обратную задачу, а именно – установить признаки, которые появились на деталях вследствие гидроудара еще в то время, когда они сохраняли работоспособность. Тогда не только факт, но и причину гидроудара можно установить, если знать и обнаружить все такие признаки.

И действительно, как показано выше, из определения понятия «гидроудар» следует, что шатун и поршень деформированы в той или иной степени. Несмотря на то, что шатун мог превратиться во множество обломков, величину деформации шатуна после гидроудара, оказывается, всегда можно легко измерить. Совершенно очевидно, что у поршня, «осевшего» из-за осевого сжатия шатуна, верхнее кольцо не доходит до своего штатного положения в ВМТ, в результате чего пояс нагара в верхней части цилиндра при сгорании топлива с течением времени работы расширяется вниз на величину осевого сжатия стержня шатуна и, более того, даже сохраняется при самых сильных разрушениях в этом цилиндре. Помимо этого, при внимательном исследовании пояса нагара практически всегда можно установить, что начальное положение верхнего кольца в ВМТ было штатным, однако затем изменилось.

Данный признак – расширенный пояс нагара в верхней части цилиндра, и является главным признаком гидроудара, по которому этот вид повреждения определяется совершенно достоверно, поскольку не существует ни в эксплуатации, ни в производстве таких причин, кроме гидроудара, которые могли бы заставить поршень вначале работать правильно, а затем сместиться ниже своего штатного положения и работать в течение такого сравнительно длительного времени так, что область смещения на верхней части цилиндра успела закрыться нагаром.

Однако другие признаки гидроудара можно условно разделить на подтверждающие (главный

признак) и уточняющие (тип жидкости, попавшей в цилиндр). Подтверждающими признаками являются те, которые, также как и главный признак, говорят о деформации шатуна и работе ДВС с деформированным шатуном. К таким признакам относятся все перечисленные выше при подробном описании признаков гидроудара – от диагонального износа юбки поршня и шатунных подшипников, следов стертого нагара над отверстием поршневого пальца на поршне и в верхней части цилиндра, до износа края торцов поршневого пальца и прочих. Все указанные признаки в той или иной степени всегда присутствуют в том цилиндре двигателя, где произошел гидроудар. Однако ни один из этих признаков не устанавливает тип жидкости, попавшей в цилиндр. А этот вопрос имеет принципиальное значение, в том числе, для определения вида неисправности, вызвавшей гидроудар – производственная или эксплуатационная.

Как показано выше, наиболее распространенной причиной гидроудара является вода, попавшая в двигатель извне. В таком случае можно найти ее следы – в виде засохших капель вод. Поскольку вода в лужах и водоемах чаще всего загрязнена, высыхание капель воды образует на стенках трубопроводов и элементов системы впуска характерные следы.

Именно это определяет характерные уточняющие признаки такого попадания воды (водяной гидроудар), которые можно хорошо видеть по всей длине впускной системы, а именно, коробление гофров воздушного фильтра, следы намокания на картоне и следы высохших капель воды под крышкой фильтра, в гофрах воздухопроводов и на дроссельной заслонке.

Общим для уточняющих признаков является то, что они не могут быть признаками гидроудара сами по себе, но при наличии основного и подтверждающих признаков гидроудара позволяют



5.470. Типичные уточняющие признаки гидроудара от попадания воды – коробление элемента воздушного фильтра (слева) и высохшие капли воды в воздуховоде (справа)

установить его причину – а именно, попадание воды, а не какой-то другой жидкости.

Но, как отмечено выше, попаданием воды причины гидроудара не ограничены. Так, гидроудар от натекания в цилиндр топлива (топливный гидроудар) возникает, главным образом, при запуске двигателя после не слишком длительной стоянки, когда имеется время для того, чтобы топливо из неисправной (негерметичной) форсунки поступило в цилиндр, но еще не успело протечь через поршневые кольца в картер. Напротив, гидроудар из-за попадания в цилиндр масла (масляный гидроудар) ограничен ДВС с турбонаддувом, поскольку у атмосферных двигателей практически нет средств и способов для нагнетания масла из картера во впускную систему в необходимых для гидроудара количествах. А гидроудар от попадания охлаждающей жидкости возникает, главным образом, вследствие ошибок при обслуживании и ремонте, когда во время разгерметизации цилиндра (например, при демонтаже свечи зажигания или форсунки) в цилиндр может натечь охлаждающая жидкость со снятого шланга системы охлаждения. Нередко встречается и ошибка при соединении шлангов, когда на место шланга вакуумной магистрали соединяется шланг подачи жидкости на подогрев дроссельной заслонки. В то же время гидроударов от натекания жидкости через потерявшую герметичность прокладку головки практически не наблюдается.

Важной особенностью топливного и масляного гидроудара является отсутствие каких-либо явных следов на стенках деталей, которые можно было бы принять за уточняющие признаки этих видов гидроудара по аналогии со следами высохших капель воды при водяном гидроударе. И в этом состоит основная трудность поиска причин гидроудара – на практике большинство исследователей если и доходят до понимания признаков гидроудара в целом, редко могут отделить одну его причину от другой и по умолчанию принимают попадание воды извне даже без уточнения, есть ли на стенках

впускных трубопроводов следы высохших капель воды или нет.

Охлаждающая жидкость, напротив, при длительном воздействии оставляет на поверхности цилиндра характерные следы коррозии, похожие на высохшие капли. Однако данный признак проблематично связать с самим гидроударом, имеющим скоротечный характер. Кроме того, поскольку на практике данный вид гидроудара чаще связан с конкретными ошибками при ремонте, причина неисправности двигателя, как правило, ясна практически сразу после повреждения, в отличие от других видов гидроудара. Поэтому не имеет смысла рассматривать этот вид гидроудара вместе с другими, и ниже он исключен из рассмотрения.

Характер повреждений ДВС при разрушении выпускного клапана вследствие дефекта сборки

Анализ большого числа случаев разрушения клапанов показывает, что практически все они носят усталостный характер, но при этом крайне редко вызваны производственными (первичного производства) или чисто эксплуатационными причинами. Основная причина – это ошибки при ремонте и обслуживании, причем конструкции клапанных механизмов современных автомобильных ДВС стали особенно чувствительны к таким ошибкам в связи со всеобщей тенденцией уменьшения диаметра стержня клапана (до 5 мм).

В практике ремонта чаще всего встречаются 2 основных вида (и причины) разрушения клапанов, а именно:

- 1) обрыв стержня в верхней части по канавке для сухаря – вследствие нештатных изгибающих нагрузок от перекоса тарелки пружины на стержне при попадании посторонних частиц в сопряжение с сухарями или использования изношенных сухарей,
- 2) отрыв головки клапана от стержня в нижней части – в результате касания головкой клапана днища поршня вследствие неправильной уста-



5.471. Главный признак поломки клапана вследствие дефекта ремонта (сборки) – отсутствие головки клапана в седле (слева), с подтверждающими признаками – разрушением поршня (справа) и отсутствием разрушения пальца и шатуна

новки фаз газораспределения, когда головка клапана начинает испытывать нештатные ударные изгибающие нагрузки от поршня при его подходе к ВМТ.

Обычные последствия разрушения клапана, особенно, при повышенной частоте вращения – это частичное или полное разрушение поршня головкой клапана, попадающей между днищем поршня и стенками головки цилиндра. Далее появление обломков поршня между противовесами коленвала и шатуном, с одной стороны, и стенками блока цилиндров, с другой, является причиной вторичных разрушений шатуна и блока цилиндров.

Анализ причин и последствий подобных неисправностей и разрушений показывает, что пытаться определить причину только по характеру разрушения отдельных деталей, превратившихся в многочисленные деформированные вторичными ударами обломки, совершенно бесполезно. То есть, прямой путь решения задачи, так же как и при исследовании гидроудара, не приводит к правильному определению самой причины. В данном случае следует говорить об обратной задаче – выявить признаки, соответствующие конкретной причине, чтобы затем подтвердить эту причину по соответствию признакам.

Главным признаком неисправности данного вида, очевидно, является отсутствие головки клапана на ее штатном месте в седле. Однако в отличие от главного признака гидроудара, отрыв головки может иметь не только первичный (усталостное разрушение), но и вторичный характер (мгновенное ударное разрушение от взаимодействия с обломками поршня). Поэтому для определения причины разрушения должны учитываться подтверждающие признаки, в том числе:

1) отсутствие разрушения шатуна и поршневого пальца (но с возможной деформацией). В случае, если разрушен шатун, а поршень при этом не имеет полного разрушения, то поломка

клапана точно не является причиной неисправности.

2) сильные повреждения или полное разрушение поршня, которые являются следствием разрушения клапана,

3) отсутствие повреждений и/или износа на нижней головке шатуна и в шатунном подшипнике. Однако наиболее важными для данного вида неисправности являются уточняющие признаки локализации разрушения, среди которых следует выделить следующие:

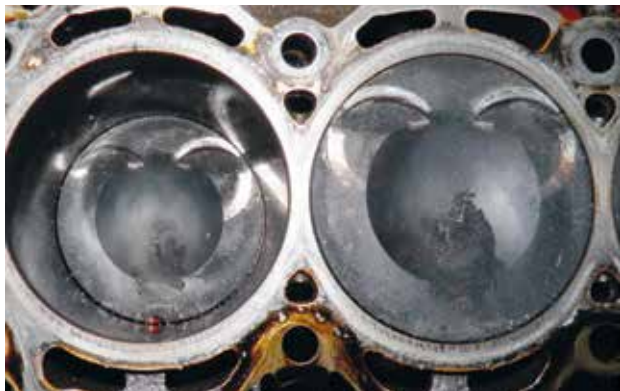
1) если стержень клапана остается в направляющей втулке, то разрушение произошло в нижней части стержня с отделением головки от стержня, а причиной являются ударные изгибающие нагрузки на головке клапана. Тогда уточняющие признаки следующие:

- следы ударов головки клапана на днище всех поршней (кроме разрушенного поршня, где такие следы не всегда могут быть обнаружены),
- усталостный характер излома на стержне клапана (признаки не всегда могут быть обнаружены из-за возможных вторичных повреждений),

2) если в цилиндре имеются фрагмент разрушенного стержня и головки клапана, то разрушение произошло по канавке для сухарей (когда канавок несколько, разрушение происходит по нижней), что дает следующие уточняющие признаки:

- после разрушения тарелка пружины сохраняется в сборе с сухарями и обломком стержня,
- специфическая микроструктура излома стержня по канавке (с включениями частиц материала направляющей втулки).

В совокупности все указанные признаки позволяют достаточно надежно устанавливать причину разрушения клапана только по совпадению (или несовпадению) найденных признаков с описанными.



5.472. Уточняющие признаки для установления причины разрушения клапана – неправильная установка фаз газораспределения (следы касания клапанов на поршнях, сверху) и поломка клапана по канавке для сухаря вследствие неправильной сборки (с падением клапана в цилиндр, в центре и внизу)

Повреждения, вызванные разрушением шатунного подшипника и шатуна вследствие масляного голодания

Очевидно, что данная неисправность возникает при нарушении подачи масла по различным причинам, среди которых преобладают эксплуатационные. Главный ее признак – это усталостное разрушение шатуна в области нижней головки, которое происходит вследствие износа, перегрева и разрушения шатунного подшипника и потери прочности нижней головки шатуна при одновременном появлении ударных нагрузок от больших зазоров в подшипнике. Разрушение (в том числе, по болтам крышки шатуна) обычно происходит с повреждениями и пробоем стенки блока цилиндров.

Подтверждающие признаки данной неисправности, очевидно:

- 1) разрушение вкладыша, полное (с выпадением остатков основы в картер) или частичное,
- 2) износ от проворачивания вкладыша и перегрев нижней головки шатуна (цвета побежалости),
- 3) повреждение днища поршня от ударов по головке цилиндров (при смещении шатунно-поршневой группы вверх из-за отсутствия вкладыша), в некоторых случаях частичное или даже полное разрушение поршня,

Уточняющие признаки локализуют саму причину неисправности, среди причин наиболее распространены следующие:



5.473. Пример сочетания главного признака масляного голодания (усталостное разрушение кривошипной головки шатуна – сверху) с комплексом подтверждающих признаков, среди которых разрушение шатунного подшипника, перегрев шатунной шейки коленвала (в центре) и разрушение поршня (внизу)

- 1) недостаточный уровень масла – после разрушений корпусных деталей ДВС может быть установлен только по косвенным признакам (по данным истории транспортного средства и др.),
- 2) неисправность маслососа, которая устанавливается измерениями и проверками его деталей,
- 3) засорение маслосистемы отложениями, вызванными использованием некачественного топлива, масла и/или нарушением сроков замены масла (определяется визуально, уточняется химическим анализом и топлива, масла и осадка),
- 4) различные ошибки при ремонте, включая установку вкладышей несоответствующего размера, ошибки при шлифовке коленчатого вала и прочие причины.

Все указанные признаки данного вида неисправности могут быть использованы для составления общей методики определения причин неисправности ДВС при серьезных разрушениях.

Разрушения, вызванные дефектом поршневого пальца

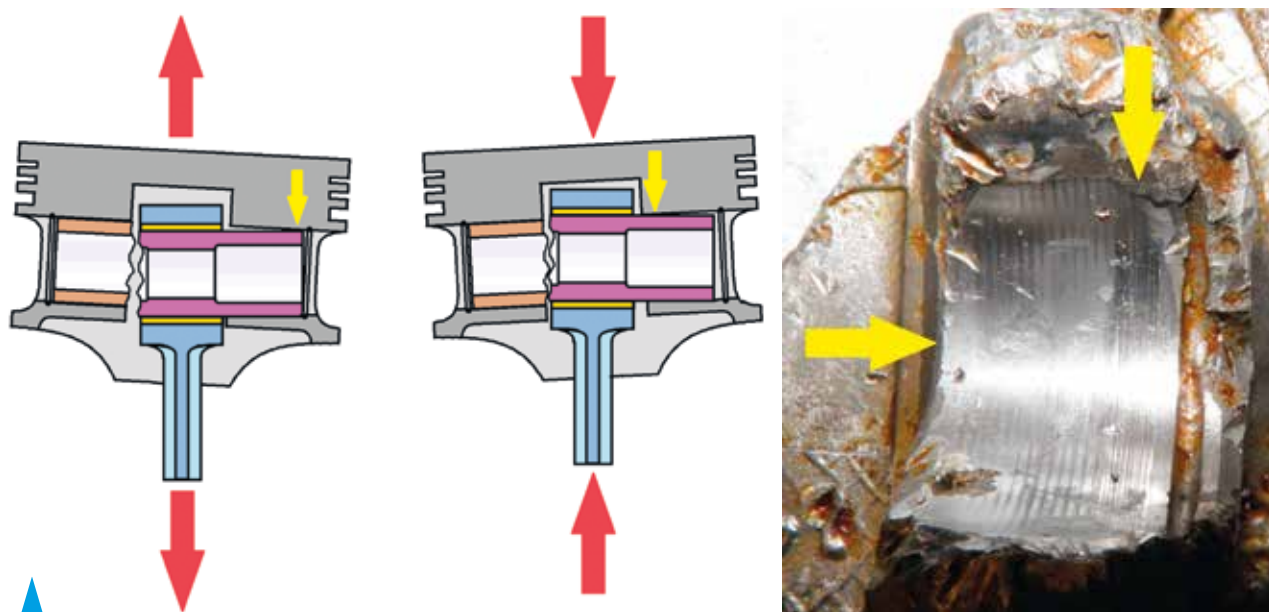
Пожалуй, наиболее тяжелые повреждения ДВС могут быть связаны с разрушением поршневого пальца. Несмотря на то, что в справочниках повреждений обычно указывается много разных эксплуатационных причин разрушения данного вида, в практике исследования неисправностей почему-то чаще встречаются производственные, когда в отверстии после механической обработки остаются нештатные, т.е. явно не предусмотренные конструкцией, концентраторы напряжений. Поскольку последствия разрушения пальца не зависят от его причины, ниже условно принято, что эта причина является производственной, при этом наличие концентраторов напряжения, как и причину разрушения, обычно можно уточнить по виду внутренней поверхности пальца.

Появление концентраторов напряжения в отверстии пальца связано с тем, что при обработке перехода между внутренними поверхностями ступенчатого отверстия не выдержан радиус, вместо нормальной галтели выполнена двойная или даже внутренняя поверхность просто сделана чрезвычайно грубой. Наличие концентраторов в средней части пальца, опирающейся на верхнюю головку шатуна, при том условии, что нагрузка на палец в этой области знакопеременна и по величине близка к максимальной, приводит к появлению усталостной трещины и ее распространению в поперечном направлении.

Появление трещины сопровождается увеличением деформации пальца (поскольку трещина «дышит»), что может вызвать слабый посторонний звук в двигателе, однако поскольку этот звук, а тем более, его причину выявить до разрушения пальца не представляется возможным, предотвратить разрушение, а также его последствия обычно также невозможно.

После разделения пальца на два фрагмента происходит резкое изменение характера нагрузок на бобышки поршня. Один из фрагментов – меньший, расположенный в одной из бобышек поршня, обычно полностью выходит из контакта с шатуном, что также полностью разгружает эту бобышку от каких-либо сил. Однако другой фрагмент – больший, оказывается по-прежнему в сопряжении и поршня и шатуна, но не симметрично, а консольно. Это приводит к появлению в сопряжении чрезмерно высоких перекашивающих нагрузок.

За счет перекоса на бобышке остаются характерные зоны деформации. Так, у внутреннего края отверстия бобышки это сравнительно широкая зона с блестящей поверхностью, которую оставляет фрагмент пальца, установленный в верхнюю головку шатуна, при воздействии с бобышкой. Ближе к наружному краю отверстия бобышки наблюдаются узкие отпечатки от воздействия кром-



5.474. Схема работы поршневого пальца после поломки (слева) и образовавшиеся характерные зоны деформации на поверхности отверстия на обломке бобышки поршня (справа)

ки поршневого пальца, которые при постепенном осевом перемещении фрагмента превращаются в характерные «ступеньки».

Выдержать подобные нештатные нагрузки не сможет ни верхняя головка шатуна, ни бобышка поршня, однако алюминиевый сплав поршня менее прочен, чем конструкционная сталь шатуна, поэтому поломка (по причине так называемой малоцикловой усталости) всегда происходит по бобышке поршня. Дальнейшее взаимодействие шатуна с поршнем быстро приводит к их разрушению, в которое может быть втянут блок цилиндров и один или несколько клапанов.

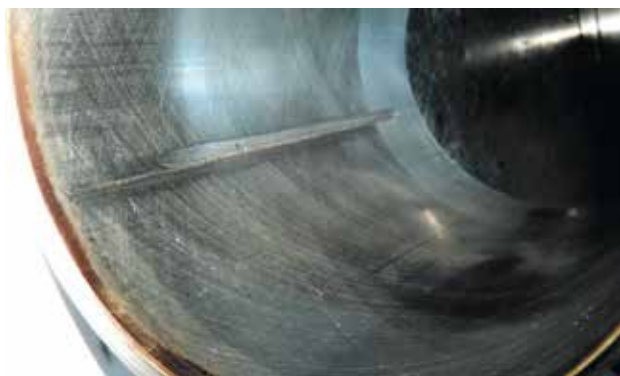
Разновидностью данной неисправности, достаточно близкой по характеру повреждений и последствий к описанной, является нарушение фиксации поршневого пальца в бобышках поршня, причем картина разрушений в данном случае может быть настолько близка к поломке пальца, что позволяет объединить обе неисправности в общую, связанную с поршневым пальцем.

Нарушение осевой фиксации пальца также можно отнести к производственным дефектам, поскольку оно обычно вызывается некачественным ремонтом (ремонтным производством). Возможны два варианта, в зависимости от способа фиксации пальца – выскакивание стопорного кольца из канавки в отверстии бобышки для плавающего пальца из-за чрезмерных ударных нагрузок на стопорное кольцо или неправильной его установки, и смещение пальца в отверстии верхней головки шатуна вследствие нештатного зазора в этом сопряжении. При этом причиной выскакивания кольца может быть износ кольца и канавки из-за непарал-

лельности осей головок шатуна, несоответствие кольца и канавки по толщине, глубине и/или ширине, применение пальца без необходимых фасок на кромке и др. Причиной же нарушения фиксации неподвижного пальца является исключительно нештатный перегрев верхней головки шатуна при установке пальца при ремонте двигателя, когда неконтролируемо раскаленная «до красна» верхняя головка шатуна резко охлаждается изнутри при контакте с холодным пальцем, в результате чего в ней возникают настолько большие напряжения, что после охлаждения натяг пальца превращается в зазор.

При нарушении фиксации палец прогнозируемо сдвигается вбок до упора в поверхность цилиндра, чем наносит на поверхность длинную и глубокую вертикальную канаву, а на кромке пальца появляется характерная полировка, что является главным признаком данной неисправности. Однако в отличие от поломки пальца, при нарушении его осевой фиксации картина развития неисправности в значительной степени зависит от конструкции поршня.

Так, старые двигатели имели сравнительно длинный палец, который при смещении вбок до упора в цилиндр оставался в контакте с достаточной поверхностью отверстия противоположной от упора бобышки. В этом случае в двигателе возникали сравнительно медленно прогрессирующие стук и расход масла, что позволяло водителю заблаговременно принять меры и избежать разрушения. Напротив, подавляющее большинство современных двигателей имеют короткий палец, который при смещении до упора вбок либо вообще выходит из сопряжения с противоположной бобышкой поршня, и тогда кар-



5.475. Типичные признаки нарушения осевой фиксации поршневого пальца в шатуне – канавка от пальца на поверхности цилиндра (слева сверху, главный признак), несимметричный контакт поршневого пальца (слева внизу) и поврежденная торцевая поверхность пальца (справа)

тина становится в точности тождественной поломке пальца, либо у него остается опора только на самый край отверстия противоположной бобышки. В последнем случае чрезвычайно высокие удельные нагрузки на небольшую поверхность опоры вызывают катастрофический износ отверстия по узкому поясу, после чего нарастающие знакопеременные изгибающие усилия ломают ближнюю к упору бобышку точно так же, как и при поломке пальца.

Таким образом, близость процессов разрушения позволяет объединить оба варианта – поломки пальца и нарушения его осевой фиксации. Разница между процессами только в подтверждающих и уточняющих признаках. Например, при нарушении осевой фиксации поршневой палец не может быть разрушен поперечно, и даже если он попадает между вращающимися и неподвижными деталями, разрушение носит хрупкий характер и происходит вдоль его оси, а не поперек. Соответственно при усталостной поломке пальца не возникает повреждения цилиндра в виде вертикальной канавы от упора пальца, нет также других признаков нарушения осевой фиксации, связанных со стопорным кольцом и его канавкой (или они выражены слабо) либо с перегревом головки шатуна.

5.4.2.2 Принципы построения методики определения причин тяжелых повреждений ДВС

Поскольку в совокупности все признаки позволяют достаточно надежно устанавливать причину разрушений по совпадению (или несовпадению)

найденных признаков с описанными выше, можно построить простую методику определения причин неисправностей, если свести все известные признаки в таблицу (табл. 5.28).

Из табл. 5.28. следует, что при наличии тяжелых повреждений ДВС можно достаточно быстро проверить их на соответствие признакам гидроудара, масляного голодания и производственных дефектов, связанных с клапаном и/или поршневым пальцем, чтобы выбрать рабочую версию причины неисправности, которую затем также быстро подтвердить и уточнить по прочим признакам.

Далее, если все известные признаки повреждений разбить на главные, подтверждающие и уточняющие, и проверять наличие указанных признаков при исследовании причин неисправностей, можно практически исключить грубые ошибки при определении причин неисправности, включая выявление явных несоответствий отчетов и заключений, таких как путаница между причинами и следствиями, в том числе, при недостаточной квалификации исследователя. В результате причина тяжелых повреждений ДВС, возникающих вследствие разрушения деталей и рассогласования их возвратно-поступательного и/или вращательного движения, может быть определена с весьма высокой достоверностью. По меньшей мере, любая случайная выборочная проверка по приведенной таблице реальных случаев разрушений при наличии совокупности признаков достаточно точно указывает на причину отказа, что позволяет пользоваться таким подходом на практике.

5.5

Некоторые особенности подготовки заключения о причине неисправности двигателя

Составление заключения является, очевидно, заключительным этапом работы исследователя по определению причины неисправности двигателя. Понятно, что оно должно быть составлено в рамках всех требований, предъявляемых к данному виду документов. И здесь никакого принципиального различия заключения о причине неисправности двигателя по сравнению с аналогичными заключениями по другим агрегатам и узлам автомобиля нет.

Однако практика реальных исследований неисправностей двигателей показывает, что имеются некоторые важные особенности, связанные со спецификой исследования именно двигателей, которые исследователю неплохо бы учитывать при составлении заключения. Эти особенности, главным образом, касаются следующих разделов заключения:

1) вопросы, поставленные заказчиком перед исследователем;

2) важность результатов предыдущих исследований и их анализа;

3) форма представления иллюстраций в заключении.

Специфика исследования технического состояния двигателя, которая в определенной степени проявляется в указанных разделах заключения, связана с большой сложностью рабочих процессов, значительной ролью логики в процессе поиска причины неисправности, сильным влиянием фактора времени на некоторые виды исследований, а также важностью правильного представления иллюстративных материалов исследования.

Первое, что необходимо для того, чтобы понимать, о чем идет речь, – это вопросы к эксперту-исследователю, их особенности и возможные проблемы, которые могут быть с этим связаны. Эти вопросы уже были упомянуты в начале главы при подготовке к проведению исследования дви-

Табл. 5.28. Виды тяжелых повреждений ДВС и их признаки

Повреждение/неисправность	Гидроудар	Обрыв клапана	Масляное голодание	Разрушение поршневого пальца или нарушение его осевой фиксации
Причина неисправности	Попадание жидкости в цилиндр	Дефект сборки сопряженных с клапаном деталей	Перегрев шатунного подшипника	Произведенный дефект (первичного или вторичного производства)
Причина разрушения	Нештатные нагрузки на шатун из-за деформации стержня, усталостное разрушение стержня шатуна	Нештатные нагрузки на клапан, усталостное разрушение стержня клапана	Потеря прочности материала, нештатные ударные нагрузки, усталостное разрушение нижней головки шатуна	Концентратор напряжения на внутренней поверхности отверстия, усталостное разрушение или нарушение осевой фиксации (неправильная установка стопорного кольца, перегрев верхней головки шатуна)
Последствия	Пробой блока цилиндров, повреждение цилиндра в нижней части, повреждение головки цилиндра и клапанов	Сильное повреждение цилиндра (по всей высоте) и камеры сгорания, пробой блока цилиндров	Пробой блока цилиндр., разрушение шатуна, повреждение цилиндра в нижней части	Пробой блока цилиндр., разрушение поршня и шатуна, повреждение цилиндра
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	Разрушение поршня при поперечном разрушении поршневого пальца или при наличии глубокой вертикальной канавы на цилиндре
Подтвержд. признаки	1) диагональный износ юбки поршня, 2) деформация юбки, 3) след стертого нагара над отверстием пальца на поршне, ответный след стертого нагара в верхней части цилиндра, 4) износ края торцов поршневого пальца, 5) ответный износ стопорного кольца, 6) разбивание канавки стопорного кольца в отверстии для пальца, 7) нагарообразование на стенках камеры сгорания и на днище поршня, 8) повреждение нижнего края юбки и бобышек поршня, 9) диагональный износ шатунных вкладышей, отсутствие следов перегрева на них и на нижней головке шатуна, 10) в атмосферных ДВС выталкивание поршня с обломком шатуна вверх, в ДВС с наддувом - вниз, до полного разрушения поршня.	1) отсутствие разрушения шатуна, 2) отсутствие разрушения поршневого пальца, 3) отсутствие повреждений нижней головки шатуна, 4) отсутствие износа шатунного подшипника.	1) износ и перегрев вкладышей и головки шатуна, 2) повреждение днища поршня от ударов по головке цилиндра, 3) повреждение бобышек поршня снизу от ударов противовесов коленвала, 4) возможн. разрушение поршня.	1) при разрушении пальца - «ступеньки» ближе к наружному краю отверстия разрушенной бобышки и деформация на его внутреннем крае, 2) при нарушении осевой фиксации - целостность пальца или его продольное разрушение, «ступенька» у внутреннего края отверстия бобышки.
Уточняющие признаки	При попадании воды извне: 1) коробление гофров возд. фильтра, 2) следы намокания на картоне, 3) следы высохших капель воды в корпусе фильтра, в воздуховодах и на дросс. заслонке. При попадании масла (только ДВС с турбонаддувом) и топлива: 1) отсутствие следов высохших капель внутри воздухопроводов, 2) течь уплотнений турбокомпрессора (внутренняя негерметичность агрегатов топливной систем).	1) при разрушении в нижней части стержня: - следы ударов головки клапана на днище всех поршней, - усталостный характер излома на стержне клапана, 2) при разрушении по канавке для сухарей: - стержень клапана в цилиндре, - тарелка пружины сохраняется в сборе с сухарями и обломком стержня, - специфическая микро-структура излома.	1) низкий уровень масла, 2) неисправность или износ маслососа, 3) засорение маслосистемы отложениями, 4) ошибки при ремонте, связанные с геометрией подшипников коленвала	1) при разрушении пальца - наличие нештатной галтели в отверстии пальца или слишком малый радиус галтели (определяется только путем разреза пальца вдоль оси), 2) при нарушении осевой фиксации пальца - длинная вертикальная канавка на поверхности цилиндра, полировка кромки пальца о цилиндр, разница в состоянии стопорных колец (износ) и канавок под них (деформация), или следы перегрева верхней головки шатуна (для прессовой посадки пальца).

гателя и представляют собой четыре основных или типовых вопроса. Но поскольку эти вопросы уже давно стали обязательными при исследовании технического состояния и неисправностей двигателей, целесообразно их повторить:

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 или/и других действий, в том числе, установки противоугонной сигнализации, тюнинга и т.д., либо результатом эксплуатации автомобиля?
4. Могли ли действия владельца и/или лица, управлявшего автомобилем, привести к таким неисправностям?

Эксперту-исследователю могут быть заданы и другие вопросы, которые обычно носят уточняющий характер. Но важно то, что все вопросы должны касаться именно неисправностей двигателя. На практике вопросы часто формулируют юристы, а они очень любят вместо неисправностей спрашивать про «недостатки». Как уже было сказано выше, «недостаток» – это не технический термин, а правовая категория, свойство товара, которое вообще не является предметом автотехнической экспертизы и относится к компетенции юристов и суда. Очевидно, в тексте заключения исследователь должен использовать только технические термины – «дефект», «повреждение», «неисправность», «отказ», сделав соответствующее уточнение о том, как он понимает «недостаток» в поставленных ему вопросах.

Первый вопрос из списка, хотя и кажется очень простым, на само деле является одним из самых важных вопросов исследования. Он требует от исследователя показать, имеются ли вообще неисправности в исследуемом объекте, и показать конкретные неисправности. Понятно, что если таких неисправностей нет, то все последующие вопросы просто теряют смысл. И в этом смысле данный вопрос является самым главным вопросом исследования.

Важность данного вопроса в исследовании может быть сразу оценена, если этот вопрос не задать вообще. Действительно, заказчик вполне может забыть про такой вопрос или счесть, что «все и так ясно». Что, однако, не должно вводить исследователя в заблуждение – если он не нашел, что в двигателе неисправно, и не смог ответить на первый главный вопрос, то возможно, что неисправностей, действительно, и нет никаких. Чему на практике есть примеры.

Бензиновый двигатель 1,6 л нового автомобиля через неделю после начала эксплуатации не завелся. Владелец доставил автомобиль на СТО

дилера. К вечеру выяснилось, что двигатель уже полностью разобран в связи с необходимостью проведения некоей «углубленной» диагностики.

В деле, длившемся более 3-х лет, было в общей сложности сделано три экспертизы, но почему-то ни одна из них не отвечала на вопрос, а есть ли какие в двигателе неисправности, и если есть, то какие? Как будто стеснялись его задать. Или считали его и так понятным. А может быть, все участвовавшие в деле специалисты намеренно и не ставили этот вопрос. Хотя в своих заключениях много рассказывали о том, что вот здесь где-то нагар является серьезным дефектом, а вот там в катализаторе что-то перегрелось, рядом со сварным швом...

Через 3 года владелец, проиграв, несмотря на затраченные усилия, все суды и апелляции, забрал автомобиль из дилерского техцентра и привез его на близлежащую независимую СТО. «А что же в двигателе было неисправно?» – удивлялись потом механики, собирая его обратно с одним только новым комплектом прокладок.

Что же делать исследователю, если главный вопрос, возможно, под предлогом того, что «все ясно», ему не поставлен? Возникает ситуация прямо как из классики: «казнить нельзя помиловать». С одной стороны, можно было бы воспользоваться так называемой экспертной инициативой – это когда эксперт при проведении экспертизы установил имеющие значение для рассмотрения и разрешения дела обстоятельства, по поводу которых ему не были поставлены вопросы, и вправе включить выводы об этих обстоятельствах в свое заключение.

Как известно, право эксперта на такую инициативу устанавливает закон, что является важной гарантией полноты и всесторонности исследования всех обстоятельств дела. Причем такое право – выйти за пределы поставленных вопросов, изначально было вызвано судебной практикой, поскольку суд не всегда понимает возможность того или иного исследования и не всегда может компетентно сформулировать вопросы. Тем более, по сложной неисправности такого серьезного агрегата, как автомобильный двигатель.

Но с другой стороны, есть и проблема – наши старые «грамотные» и «продвинутые» знакомые убеждены, что право совсем не значит обязанность. Зачем проявлять какую-то там инициативу, если заказчик, а тем более – суд, такого вопроса не задавал? Это зачем еще высываться? Понятно, что при таком подходе никто никакую инициативу не проявляет и никаких лишних вопросов не задает. Результат? Он понятен, очевиден и уже описан выше.

А что же делать? Или – как правильно? Исследователь-эксперт при исследовании двигателя и составлении заключения должен исходить из того, что его главная задача – именно найти причину

неисправности. Могут возразить – нет, главная задача совсем не та, главная – это ответить на вопросы! В этом и заключена принципиальная разница – если проводится полное исследование причины неисправности двигателя, то по результатам такого исследования легко можно ответить на любые вопросы. А вот наоборот никак не получится. Потому что в противном случае в выводах заключения может появиться коронная фраза типа «характер, объем и месторасположение дефектов указывают на...», или «дефект имеет ... характер» – когда в самом заключении нет уточнения ни характера, ни объема, ни месторасположения этого самого «дефекта».

Отсюда следует, что право воспользоваться экспертной инициативой превращается при исследовании технического состояния и неисправности двигателя в профессиональную необходимость. И фактически – в обязанность исследователя поставить отсутствующие вопросы и ответить на них, если это действительно необходимо для исследования и определения причины неисправности. В противном случае велик риск «пойти туда не зная куда» и причины не найти.

Помимо первого вопроса, следует обратить внимание и на 3-й. Особенно, на то, что в нем спрашивается о возможных неисправностях двигателя, как о «результате эксплуатации» автомобиля. Не о нарушении неких правил эксплуатации, которых, как уже было сказано выше, просто не существует, а именно о самой эксплуатации. И если исследователь, проверив все имеющиеся версии причин, разложенные на соответствующие признаки, установил, что все-таки это эксплуатационное повреждение, при ответе на 4-й вопрос он должен проанализировать и установить, какими конкретно действиями водителя оно было вызвано.

Еще один «камень преткновения» – это результаты предыдущих исследований. Понятно, что исследователь-эксперт может проводить далеко не первое исследование данного двигателя – бывает, что и третье, и даже четвертое. А что тогда с теми исследованиями, что уже делались до него? Обычно «грамотные» привыкли их просто не замечать, как будто до них ничего и не было. А «продвинутые» идут еще дальше – они убеждены, что должны все прошлые исследования просто игнорировать, а потому обязаны делать все с самого начала. Из принципа «до нас хоть потоп», ну, а «после нас» – тем более.

Понятно, что такой принцип вообще не выдерживает никакой критики. Особенно, это касается двух самых важных результатов исследований, которые обычно делает самый первый исследователь, и которые потом, скорее всего, вообще не повторить. Например, исследование топлива и получение данных диагностики системы управления – как повторить первое, если топливный бак не опечатан, а автомобиль год или два открыто

хранится на стоянке СТО, и как получить второе, если двигатель разобран, проводка разъединена, а память блока управления, не исключено, стерта отсоединением аккумуляторной батареи?

Очевидно, если иной «грамотный» исследователь убежден, что он и без этих данных вполне справится, то можно уже представить, какой «характер дефекта» он сможет обнаружить в результате своего уникального исследования. Хотя что тут говорить – некоторые умудряются и через два года хранения автомобиля с разобранным двигателем и разгерметизированной топливной системой исследовать топливо из бака, а потом еще делать круглые глаза – «а что тут такого?»

В предыдущей главе все основные особенности учета предыдущих исследований изложены подробно, но более всего такие данные оказываются необходимы именно при анализе признаков и подготовке заключения. Потому что именно в аналитической части заключения, когда придется сравнивать и анализировать признаки, все эти данные обязательно потребуются.

А как вообще готовится заключение? Об этом написано немало основополагающих трудов, где даны все рекомендации, как правильно следует выполнять такую работу. Не вдаваясь сильно в детали, можно привести общий план действий исследователя по подготовке заключения в следующем виде, разбив его на четыре этапа:

1. Исследовательская часть, т.е. изучение объекта и документов, осмотр и описание объекта исследования, изучение материалов дела, нормативной и справочной литературы – осматриваются и излагаются общие и частные признаки объекта исследования, как следствие некоего процесса, отбираются те из них, которые будут далее изучаться.
2. Аналитическая часть, т.е. анализ признаков и определение причинно-следственных связей – эксперт реально или мысленно делит объекты на части, чтобы тщательно и подробно изучить каждую часть объекта путем сравнения признаков отдельно по элементам объекта и уточнения состояния объекта по сравнению с эталоном.
3. Синтезирующая часть, синтез как определение причины неисправности – эксперт соединяет части в единое целое для получения нового, более полного знания об объекте, т.е. фактически устанавливает причину неисправности.
4. Результативная часть – эксперт обобщает полученные результаты и в развернутом виде формулирует будущие выводы, приводя их обоснование.

Чем располагает исследователь, чтобы сделать все это? Объект – автомобиль, двигатель, детали, документы, у него есть. Значит, осматривать, изучать и отбирать, короче – исследовать признаки, а они же повреждения, можно. Об эталонах позаботились производители комплектующих – соста-

100

**БЮРО ЭКСПЕРТИЗЫ
ООО «ОТКРЫТЫЙ МИР»**

344002 г. **Рязань**, ул. Темернишская, 68, тел./факс 268-75-40
www.otkrmir.ru

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

г. **Рязань**

«21» февраля 2008г.

Эксперт (специалист): Инженер по эксплуатации и ремонту автомобильной техники,
Арефкин В.В.

Регистрационный знак	М003но 61	VIN	JF1BP9LLA6G047374
Марка, модель	Субару Аутбек	Тип ТС	Легковой
Год выпуска	2005	Категория	XUUNF196J70002022
Модель двигателя		Кузов №	
Номер двигателя		Цвет	
Мощность двигателя, кВт/л.с.		Свид. ТС	61 РО 094206 от 08.06.07г.
Рабочий объём двигателя, см			
Собственник (владелец)	Рязань Александр Геннадьевич		
Адрес собственника	г. Рязань ул. 2-я Рязань д. 30		

Перед началом осмотра участвующим лицам разъяснены их прав, обязанности и ответственность, а также порядок производства осмотра транспортного средства (документов).

Перед экспертом поставлены следующие вопросы:

1. Являются ли дефекты двигателя автомобиля Субару заводским браком или нет?
2. Являются ли выявленные недостатки существенными или нет?
3. Устранены ли недостатки при капитальном ремонте двигателя или нет?
4. Осмотр автомобиля экспертом произвести в присутствии сторон.

В результате осмотра установлено:

Уровень масла в двигателе соответствует норме. При вскрытии поддона двигателя на его днище и маслоприемнике обнаружено большое количество стружки, предположительно с победитовых вкладышей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

В результате рассмотрения поставленных вопросов установлено, что:

1. Дефекты двигателя автомобиля Субару **являются заводским браком** не устраненным при произведенном гарантийном ремонте, так как ими не была установлена причина дефекта.
2. Неисправный двигатель является существенным недостатком.
3. Недостатки при ремонте двигателя не устранили, та же самая неисправность проявилась повторно. Эксплуатация автомобиля **ЗАПРЕЩЕНА**.
4. Сотрудники ООО М-СЕРВИС были извещены телеграммой и по факсу, но на осмотр не прибыли.

Специалист (эксперт)


Арефкин В.В.


5.476. Пример или даже образец «заключения» одного из наиболее «грамотных» экспертов – все «исследование» отлично уместилось на одной странице, где каждая строчка шедевр, а для вывода о производственном браке, оказывается, вообще ничего не нужно, достаточно и пары фраз. И хотя другие «грамотные» могут написать и 10, и даже 20 страниц, по сути ничего не меняется

вили многочисленные справочники повреждений. С фотографиями и подробными описаниями. Тогда просто бери их и сравнивай с теми признаками, которые имеет объект – и анализ практически уже «в кармане», останется только синтезировать все, что найдено по частям, и обобщить в причину неисправности.

Поразительно, но ни в одном заключении «грамотного» исследователя найти ничего подобного не удастся. Более того, подавляющее большинство просто с поразительным упорством игнорирует все известные принципы составления заключений, обычно выхватывая какой-то один, отдельно взятый признак, как будто всех прочих не существует. Точно так же чаще всего поступают и с эталонами – могут даже найти в справочнике повреждений похожий случай, но из списка причин хватают первую попавшуюся и безальтернативно назначают ее причиной неисправности двигателя.

Понятно, что при таком подходе правильное определение причины будет больше похоже на лотерею – типа, угадал или не угадал. Если производитель дал 10 причин похожего повреждения, то с вероятностью 10% иногда удается попасть. Но редко. И если кто-то подумал, что в реальности это не так – придется огорчить. На самом деле все может быть гораздо хуже. Потому что наиболее «грамотным» исследователям для вывода о причине неисправности вообще ничего не нужно – ни документов, ни полноценного осмотра двигателя, ни справочников.

Представление иллюстративного материала в заключении – еще одна проблема, причем фактически «на ровном месте». Почему-то, несмотря на в целом свободную форму, явно не ограниченную строгими нормативными требованиями, распространилось мнение (прямо как из старых анекдотов – «есть мнение»), что иллюстрации в заключении должны быть выполнены в виде так называемых «фототаблиц». К сожалению, такое представление фотографий в заключении об исследовании неисправности двигателя вообще не выдерживает никакой критики.

То, что изображено на маленьких этикетках (или правильнее даже сказать, «иконках»), которых может быть и 8–12 на листе стандартного формата, увидеть совершенно невозможно. И это в то время, когда детали двигателя требуют увеличенного изо-

бражения и достаточно качественной съемки, для которой годится далеко не всякая фотокамера. Причем, если сделать фотокопию с такой «фототаблицы», то на изображениях вообще что-либо разобрать уже никогда не удастся. А поскольку в судебных делах подобные фотокопии вполне себе обыденная вещь, для получения сведений о результатах предыдущих исследований придется ходатайствовать в суд и запрашивать архив фотографий у эксперта, который составил все эти свои «слепые» «фототаблицы». То есть, теряя время (обычно с момента ходатайства до получения ответа проходит минимум месяц) и только по той причине, что некий «грамотный» исследователь показал полное неуважение к коллегам, действуя по уже упомянутому принципу «до и после меня хоть потоп».

Тогда возникает вопрос – а зачем вообще нужны в заключении эти «иконки», если на них ничего не видно? Зачем вообще исследователь их приводит? Только для того, чтобы убедить заказчика в том, что на осмотре он делал какие-то фотографии? А зачем тогда ему фотокамера – может, действительно, телефоном получилось бы лучше?

Нет никакого сомнения в том, что если исследователь делает на базе данных, полученных на осмотре, анализ признаков неисправности и при этом ссылается на фотографии, которые он сделал на осмотре, то он просто обязан представлять эти фотографии в соответствующем нормальном виде. Чтобы заказчик и/или стороны спора смогли увидеть все те признаки, которые найдены при исследовании и о которых идет речь в заключении.

Практика давно уже показала – фотографии узлов и деталей в заключении о причине неисправности двигателя должны быть качественными и иметь размер, достаточный для нормального отображения всех мелких повреждений. Таким является размер приблизительно 11x15 см (или чуть больше), достаточный для помещения на стандартном листе А4 только 2-х фотографий и подписей под ними. Не 4-х и не 10-ти, а только двух!

И все. Никаких хитростей на самом деле нет. Наглядный пример – в Приложении к главе. Который говорит о том, что стоит только начать выполнять эти простейшие и давно всем известные требования, как причина даже сложной неисправности двигателя откроется исследователю просто сама собой.

Общие автомобильные справочники

1. Автомобильный справочник. / Б. С. Васильев, М. С. Высоцкий, К. Л. Гаврилов и др. Под общ. ред. В. М. Приходько. – М.: ОАО «Машиностроение», 2004. – 704 с.
2. BOSCH. Автомобильный справочник. Пер. с англ. – 3-е издание, перераб. и дополн. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 1280 с.

Общетехнические процессы в ДВС

3. Аналитическая химия: физические и физико-химические методы анализа / под редакцией Петрухина О. М. – М.: Химия, 2001. – 497 с.
4. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.
5. Берлинер Э. М., Чичинадзе А. В. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника). – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
6. Болгарский А. В. и др. Термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1972. – 304 с.
7. Булах А. и др. Общая минералогия. – М.: Изд-во «Академия», 2008. – 448 с.
8. Гаркунов Д. Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
9. Кеше Г. Коррозия металлов. – М.: Metallurgia, 1984 г. – 399 с.
10. Кошкин В. К. и др. Нестационарный теплообмен. – М.: Машиностроение, 1973. – 328 с.
11. Крагельский И., Алисин В. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. – М.: Машиностроение, 1978. – 758 с.
12. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979. – 416 с.
13. Лахтин Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов. Учебник для ВУЗов, 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1984. – 360 с.
14. Мышкин Н. К., Петроковец М. И. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии. – М. Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 368 с.
15. Орлов П. И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн., Кн.1/ Под ред. П. Н. Учаева. – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.
16. Рабинович В. А., Хавин З. Я. Краткий химический справочник. 3-е изд. – М.: Химия, 1991. – 423 с.
17. Термическая обработка в машиностроении. Справочник/Под ред. Лахтина Ю. М., Рахштадта А. Г. – М.: Машиностроение, 1980. – 783 с.
18. Феодосьев В. И. Соппротивление материалов. – М.: Наука, 1970. – 470 с.
19. Чугаев Р. Р. Гидравлика. – Л.: Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1982. – 672 с.
20. Шаповалов В. В. и др. Триботехника / под ред. В. В. Шаповалова. – Ростов н/Д.: Изд-во «Феникс», 2017. – 348 с.

Теория, рабочие процессы и конструкция ДВС

21. Бекман В. В. Гоночные мотоциклы. – М.: Машиностроение, 1983. – 281 с.

22. Бекман В. В. Гоночные автомобили. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. – 320 с.
23. Биргер И. А. и др. Авиационные поршневые двигатели. Кинематика, динамика и расчет на прочность: Пособие для инженеров / Под ред. Т. М. Мелькумова, И. Ш. Неймана. – М.: Оборонгиз, 1950. – 858 с.
24. Буров А. Л. Сгорание в поршневых двигателях: Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2006. – 76 с.
25. Воинов А. Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях. – М.: Машиностроение, 1977. – 277 с.
26. Горбунов В. В., Патрахальцев Н. Н.. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Издательство РУДН, 1998. – 214 с.
27. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей. – Под ред. С. Орлина, М. Круглова. М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.
28. Двигатели внутреннего сгорания. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. – Под ред. С. Орлина, М. Круглова. М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
29. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей. – Под ред. С. Орлина, М. Круглова. М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.
30. Дмитриевский А. В. Автомобильные бензиновые двигатели. – М.: ООО «Издательство АСТ», ООО «Издательство Астрель», 2003. – 128 с.
31. Дьяченко В. Г. Двигатели внутреннего сгорания. Учебник для студентов высших учебных заведений. Пер. с укр. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 500 с.
32. Заикин А. Е. и др. Авиационные двигатели. Конструкция и расчет деталей / под ред. А. Е. Заикина. – М.: Оборонгиз, 1941. – 619 с.
33. Корчемный Л. В. Механизм газораспределения автомобильного двигателя. – М.: Машиностроение, 1981. – 191 с.
34. Костин А. К. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания. Справочное пособие. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1979. – 224 с.
35. Кумбс М. Мотоциклы: Устройство и принцип действия. Пер. с англ. – Изд-во «Алфамер Паблишинг», Хельсинки, Финляндия, 2002. – 225 с.
36. 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 и Н. А. Иващенко. М.: Машиностроение, 2013. – 784 с.
37. Петриченко Р. М. Системы жидкостного охлаждения быстроходных двигателей внутреннего сгорания. – Л.: Машиностроение, 1975. – 224 с.
38. Розенблит Г. Б. Теплопередача в дизелях. – М.: Машиностроение, 1977. – 216 с.

39. Толстоногов А. П. Системы охлаждения поршневых двигателей внутреннего сгорания. Учебное пособие. – Самар. гос. аэрокосм. ун-т, Самара, 2002. – 208 с.
40. Ховах М. С., Маслов Г. С. Автомобильные двигатели. – М.: Машиностроение, 1971. – 456 с.
41. Хрулев А. Гоночный автомобиль: на пределе возможностей, ч. 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 05–06/2000.
42. Хрулев А., Самохин С. Неправильное сгорание. Ч. 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 04/2010, с. 50–51, № 05/2010, с. 48–50.
43. Хрулев А. Э. Загадки процесса сгорания. Ч. 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 04/2000, с. 12–13, № 05/2000, с. 12–14.
44. Haegemans A., Van den Bulck E., Baelmans M. & others. Experimental Flow Dynamics in Automotive Exhaust Systems with Close-Coupled Catalist / Edited by T. Persoons. – Katholieke Universiteit Leuven, Arenbergkasteel, B-3001, Leuven, Belgie, 2006. – 331p.
45. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals (McGraw–Hill Series in Mechanical Engineering), McGraw–Hill, Inc., USA, 1988. – 930p.
46. Halderman J. Automotive Technology. Principles, Diagnosis and Service. – Pearson Education, Inc., New Jersey, USA, 2012. – 1664p.
47. Kratzsch M., Günther M. Knocking in Gasoline Engines. – DCM Druck Center Meckenheim GmbH, Meckenheim, Germany, 2013. – 449p.
48. Pulkrabek W. W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. – Prentice Hall, New Jersey, USA, 1997. – 411p.
- Системы управления, электрика, электроника и диагностика ДВС.**
49. Баас Б. А. Свечи зажигания. Краткий справочник. – М.: ООО «Книжное изд-во «За рулем», 2007. – 112 с.
50. Газетин С., Самохин С. Диагноребус. – «Автомобиль и сервис», № 02/2002, с. 50–51.
51. Газетин С., Самохин С. Диагноребус. Часть 3. Сканеры. – «Автомобиль и сервис», № 05/2002, с. 56–11.
52. Газетин С., Самохин С. Диагноребус. Часть 6. Вспомогательное оборудование. – «Автомобиль и сервис», № 08/2002, с. 16–20.
53. Газетин С., Самохин С. Диагноребус. Часть 7. Информация. – «Автомобиль и сервис», № 09/2002, с. 42–47.
54. Две вершины технологий в одной свече. – AutoExpert № 1, 2017, с.34–35.
55. Ерохов В. И. Системы впрыска бензиновых двигателей: конструкция, расчет, диагностика. – М.: Издательство: Горячая линия–Телеком, 2011. – 552 с.
56. Кузнецов А. С. Техническое обслуживание и диагностика двигателя внутреннего сгорания: учеб. пособие / А. С. Кузнецов. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 80 с.
57. Мигаль В. Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления: Учебн.пособ. / В. Д. Мигаль. – Харьков: Майдан, 2016. – 320 с.
58. Новейшие автомобильные электронные системы. / Д. А. Соснин, В. Ф. Яковлев. – М.: СОЛОН–Пресс, 2005. – 240 с.
59. Профессиональная диагностика ДВС, систем: топливоснабжения, зажигания, энергоснабжения, пуска автомобилей, дорожностроительных и сельскохозяйственных машин. – СП.: Федеральное Государственное Учреждение «Российский центр сельскохозяйственного консультирования», 2012. – 720 с.
60. Рокош У. Бортовая диагностика. Перевод с нем. ООО «СтарСПб». – М.: ООО «Издательство «За рулем», 2013. – 224 с.
61. Смирнов Ю. А., Муханов А. В. Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2012. – 624 с.
62. Топливные системы иностранных автомобилей. Конструкция, принцип действия, ремонт, регулировки/ Под редакцией С. Афонина. – Изд-во «Пончик», 2007. – 128 с.
63. Транспорт дорожный. Передача диагностических сообщений по локальной сети контроллера. Часть 4. Требования к системам связанным с выбросами. Стандарты ISO 15765–4. – [Электронный ресурс], <http://www.iso.org/iso/ru/home/store/>.
64. Хендерсон Б., Хейнес Дж. OBD–II и электронные системы управления двигателем. Пер. с англ. – М.: Изд-во Алфамер Паблишинг, 2009. – 248 с.
65. Ходасевич А. Г., Ходасевич Т. И. Электронные системы зажигания автомобилей. – Изд-во: ДМК–Пресс, 2009 г. – 240 с.
66. Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей. – М.: Транспорт, 1989. – 287 с.
67. Bosch. Свечи зажигания. Серия Product Information Automotive (PIA). (пер. с англ.), © Robert Bosch GmbH, 2000 P. O. Box 10 60 50, D-70049, Stuttgart, Federal Republic of Germany, 2012 г. – 44 с.
68. Bosch. Управление бензиновыми двигателями. Теория и компоненты. Серия «Автомобильные технологии». Пер. с нем./ Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Germany. – М.: Легион–Автодата, 2012. – 88 с.
69. Bosch. Системы управления бензиновыми двигателями. (пер. с нем.). – М.: Изд-во ЗАО «КЖИ «За рулем», 2005 г. – 432 с.
- Дизели и системы впрыска топлива**
70. Голубков Л. Севастенко А. Эммиль М. Топливные насосы высокого давления распределительного типа. Учебно–практическое пособие. – М.: Легион–Автодата, 2010. – 192 с.
71. Грехов Л. В. Топливная аппаратура дизелей с электронным управлением. – М.: Легион–Автодата, 2004. – 176 с.
72. Губертус Г. Диагностика дизельных двигателей. Пер. с нем. – М.: ООО «Книжное изд-во «За Рулем», 2007. – 176 с.
73. Дизельные двигатели. Руководство по обслуживанию, диагностике и ремонту дизельных двигателей автомобилей. Серия «Haynes. Ремонт

- и техническое обслуживание». Пер. с англ. – М.: Алфамер Паблишинг, 2006. – 168 с.
74. Дизельные двигатели. Устройство, обслуживание, ремонт, поиск и устранение неисправностей. – М.: Петит, 2002. – 384 с.
 75. Казедорф Ю., Войцетшлегер З. Системы впрыска дизельных двигателей/Пер. с нем. – М.: ООО «Книжное изд-во «За Рулем», 2007. – 319 с.
 76. Каталог повреждений CRI/CRIN. Пер. с нем. – AA/ASA, Alle Rechte bei Robert Bosch GmbH, 2006. – 56 с.
 77. Рязанов Ф. Школа Федора Рязанова. Диагностика дизельных систем с электронным управлением. Урок 4. Диагностика дизельных систем с электронным управлением. – «АБС Авто», 2018, № 4, с. 10–14.
 78. BERU. Все о свечах накаливания. Техническая информация № 04. Пер. с англ. – Federal-Mogul Motorparts, Global Aftermarket EMEA, Kontich, Belgium, 2014. – 16 с.
 79. Bosch. Дизельные аккумуляторные топливные системы Common Rail. Учебное пособие. Пер. с нем./ Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Germany. – М.: Легион-Автодата, 2014. – 94 с.
 80. Bosch. Системы управления дизельными двигателями. Пер. с нем. – Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Germany. – М.: Изд-во ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 480 с.
- Эксплуатация и неисправности ДВС**
81. Гурвич И. Б. Долговечность автомобильных двигателей. – М.: Машиностроение, 1967. – 103 с.
 82. Компоненты двигателя и фильтры: дефекты, их причины и профилактика. – Mahle GmbH, 2010, www.mahle-aftermarket.com.
 83. Нигматуллин И. Поломка автомобиля из-за попадания воды и антифриза в масло. – «АБС-авто», 2018, № 5, с. 24–27.
 84. Охотников Б. Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие /Б.Л.Охотников. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 140 с.
 85. Орлов М. Ю. Эксплуатация ДВС. [Электронный ресурс]: электрон, учеб. пособие / М. Ю. Орлов; Минобрнауки России, Самар, гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). – Электрон, текстовые и граф. дан. (7,4 Мбайт). – Самара, 2011.
 86. Повреждения поршней – как выявить и устранить их. Пер. с нем. – MSI Motor Service International GmbH, Neckarsulm, Германия, 2004. – 103 с.
 87. Расход и потери масла. Пер. с нем. – MSI Motor Service International GmbH, Neckarsulm, Германия, 2004. – 28 с.
 88. Хрулев А. Если двигатель стучит, ч. 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 08/2000, с. 15–17, № 09/2000, с. 16–18.
 89. Хрулев А. Мороз и солнце – день чудесный, а во дворе автомобиль, ч. 1. – Автомобиль и сервис, № 1, 2000, с. 15–17.
 90. Хрулев А. Катализатор: вина доказана. – «Автомобиль и сервис», № 9/1999, с. 17.
 91. Хрулев А. Эндоскоп из России: диагноз будет правильным. – «Автомобиль и сервис», № 9/1999, с. 24–25.
 92. Хрулев А. Если измерить компрессию. – «Автомобиль и сервис», № 11/1998, с. 30–33.
 93. Хрулев А. Если двигатель дымит. – «Автомобиль и сервис», № 05/1998, с. 16–21.
 94. Aircraft Reciprocating–Engine Failure. An Analysis of Failure in a Complex Engineered System. ATSB Transport Safety Investigation Report. Aviation Research and Analysis Report. – B2007/0191. Australian Transport Safety Bureau, Canberra City, Australian Capital Territory, 2007. – 269p.
 95. Engine Failure Analysis and Tips Job Aid. Guide to Preventing Repeat Engine Failures. Version 1.0, FORD Motor Company, USA, 2013. – 24p.
 96. Balicki, W., Glowacki, P. Causes of the powerplants failures installed on Polish civil aviation aircraft. Combustion Engines. 2017,168(1), p.110–121.
 97. Greuter E., Zima S. Engine Failure Analysis. – SAE International, R-320, ISBN978-0-7680-0885-2. Warrendale, USA, 2012. – 582p.
 98. Failure Analysis Guidebook. Kohler Engine Division, Kohler Co., Wisconsin 53044, USA, 2010. – 32p.
 99. Hasan M. R. Failure Investigation Report on Different Components of an Automotive Engine. – International Journal of Mechanical Engineering and Applications, 2017, V.5(1), p.47–51.
 100. Parts Failures Identification Guide (перевод с англ.). – Yamaha Motor Corporation, LIT-11661-00-PF, США, 2001. – 72p.
 101. Piston Damage – Causes and Remedies. – MAHLE GmbH, Stuttgart, 1999. – 66p.
 102. Premature Failures Manual. – MAHLE Metal Leve S.A., 2014. – 68p.
 103. Singhai T., Mishra A., Saxena R., Chhalotre S. Analysis and Performance of Automobile Engine Components Considering Thermal and Structural Effects. – International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol.3, Issue 1, January 2014, p.8661–8666.
 104. Aircraft Reciprocating–Engine Failure: An Analysis of Failure in a Complex Engineered System. ATSB Transport Safety Investigation Report. B2007/0191. Australian Transport Safety Bureau, Australia, 2007. – 269p.
- Экспертиза неисправностей ДВС**
105. Основы судебно-экспертного исследования технического состояния транспортных средств (Судебная автотехническая экспертиза. Часть III, Выпуск I) / Сост. Г. В. Жилинский/ Под науч. ред. А. Б. Разумова. – Киев: НИИСЭ, 1987. – 112 с.
 106. Хрулев А. Баллада о кривых ручонках – «Автомобиль и сервис», № 09/2014, с. 38–42.
 107. Хрулев А., Самохин С. Дьявол в деталях. Ч. 1. – «Автомобиль и сервис», № 01/2012, с. 22–25.
 108. Хрулев А. Дьявол в деталях. Ч. 2. – «Автомобиль и сервис», № 03/2012, с. 28–30.
 109. Хрулев А. Э., Кочуренко Ю. В. Методика определения причины неисправности ДВС

при тяжелых эксплуатационных повреждениях. – Всеукраинский научно-технический журнал «Двигатели внутреннего сгорания», 2017, № 1, с.52–60.

110. Хрулев А. Э. Методика исследования и определения причин тяжелых повреждений ДВС в эксплуатации. – Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Двигатель-2017», посвященной 110-летию специальности «Поршневые двигатели» в МГТУ им.Н.Э.Баумана / сост. Зенкин В.А., Мягков Л.Л. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017, с.22–23.
111. Хрулев А. Об экспертизе, причинно-следственных связях и экспертах, ч. 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 06/2008, с. 66–69, № 07/2008, с. 12–16.
112. Хрулев А. Э., Кочуренко Ю. В. Проблемы терминологии и субъективные факторы в исследовании неисправностей ДВС и их роль в правильном определении причин неисправностей. – Всеукраинский научно-технический журнал «Двигатели внутреннего сгорания», 2016, № 2, с.107–115.
113. Хрулев А. Редко, но метко, или Конструктивные дефекты в современных моторах. – «Автомобиль и сервис», № 05/2012, с. 20–22.
114. Хрулев А. Усталость бывает разная... или О допустимых оборотах и их превышении. – «Автомобиль и сервис», № 05/2010, с. 54–58.

Гидроудар и попадание посторонних предметов в цилиндр

115. Кузнецов А. Бандитская бита. – «Автомобиль и сервис», № 5/2007, с. 74–75.
116. Хрулев А., Самохин С. Гидроудар «замедленного действия». – «Автомобиль и сервис», № 01/2011, с. 36–39.
117. Хрулев А. Гидроудар в цилиндре. – «Автомобиль и сервис», № 04/2000, с. 8–10.

Перегрев двигателя

118. Тимофеев В. Н. Температурный режим двигателей внутреннего сгорания и его регулирование. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2008. – 358 с.
119. Хрулев А. Применение инженерных методов при экспертном исследовании и определении причины перегрева ДВС. – Всеукраинский научно-технический журнал «Двигатели внутреннего сгорания», № 2/2015, с. 86–95.
120. Хрулев А., Акопян Д. Точка кипения. – «Автомобиль и сервис», № 3/2011, с. 20–26.
121. Хрулев А. Если двигатель перегрелся. – «Автомобиль и сервис», № 04/1999, с. 36–39.
122. Amaechi O. J., Boro I. Effect of Heat Expansion in an Internal Combustion Automotive Engine. – The International Journal Of Engineering And Science (IJES), Volume 5, Issue 1, 2016, p.30–35.
123. Missan G. S., Keswani I. P. Analysis of Causes of Engine Overheating due to Cooling System Failure Using Pareto Principle. – International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Volume 36, Number 5, June 2016, p.242–248.

Абразивный износ деталей

124. Григорьев М. А., Пономарев Н. Н. Износ и долговечность автомобильных двигателей. – М.: Машиностроение, 1976. – 248 с.
125. Хрулев А., Буцкий Ю. Детектив с отрицательным пробегом. – «Автомобиль и сервис», № 06/2015, с. 20–23.
126. Andersson P., Tamminen J., Sandström C. – E. Piston ring tribology. A literature survey. – VTT Tiedotteita, Research Notes 2178, Espoo 2002. – 105 p.
127. Askeland D. R., Fulay P. P., Wright W. J. The Science and Engineering of Materials. Sixth Edition. – Cengage Learning, 200 First Stamford Place, Suite 400, Stamford, CT 06902, USA, 2010. – 923 p.
128. Naylor M. G., Kodali P., Wang J. C. Diesel Engine Tribology (33). – Modern Tribology Handbook (Editor-in-Chief Bharat Bhushan), Volume Two: Materials Coatings, and Industrial Applications, Section III: Solid Tribological Materials and Coatings, The Mechanics and Materials Science Series. – CRC Press LLC, 2001, – 25 p.

Поршни, поршневые кольца и пальцы – конструкция, рабочие процессы, причины повреждений и поломок

129. Борисов А., Загайко С. Моделирование изнашивания поршневого кольца двигателей внутреннего сгорания. – Ползуновский вестник, № 4/2006, с. 27–31.
130. Гинцбург Б. Я. Теория поршневого кольца. – М.: Машиностроение, 1979. – 271 с.
131. Петриченко Р. М. и др. Трение и теплопередача в поршневых кольцах двигателей внутреннего сгорания. Справочное пособие. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1990. – 248 с.
132. Поршневые кольца для двигателей внутреннего сгорания. Пер. с нем. – MSI Motor Service International GmbH, 74172, Neckarsulm, Германия, 2010. – 80 с.
133. Поршни/Цилиндры/Сборочные комплекты. Каталог. – MSI Motor Service International GmbH, Neckarsulm, Германия, 2007. – 1135 с.
134. Тепловой зазор поршневых колец и расход масла. Ошибочные оценки тепловых зазоров поршневых колец. Service Information. – MSI Motor Service International GmbH, Neuenstadt, Germany, 2014. – 1 с.
135. Хрулев А. Повреждения поршневой группы. – Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт, 2008, № 12, с.16–19.
136. Хрулев А., Самохин С. Поршень в общем и в частности. – «Автомобиль и сервис», № 12/2004, с. 60–64.
137. Хрулев А. Почему прогорел поршень? – «Автомобиль и сервис», № 10/2000, с. 14–16.
138. Хрулев А. Поршневые кольца для современных двигателей. – «Автомобиль и сервис», № 6/1998, с. 10–17.
139. Goel N. Case Study: Failure Analysis of Diesel Engine Cylinder Liners. – AEIS, 1601 Lower Rd. Linden, NJ 07036, 2009. – 23 p.

140. GOETZE. Piston Rings. Catalogue No.CATGT1001. – Federal–Mogul Corporation, Central Distribution Centre, Kontich, Belgium, 2013. – 1216 p.
141. Filipczyk J., Stanik Z. Piston damages – case studies and possibilities of early detection. – Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol.19, No.4, 2012, p.179–184.
142. Hastings Piston Rings. Master Catalogue. – Hastings Manufacturing Company, 325 N Hanover St, Hastings MI 49058 USA, 2015. – 440p.
143. Kulkarni N., Chaure G. Analysis of piston Failure. A Review. – International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 3, February 2016, p.138–146.
144. MAHLE Pistons. Catalog No. PI-20–09, Mahle GmbH, 2009–2010. – 273p.
145. MAHLE GmbH. Cylinder components. – Vieweg Teubner Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Stuttgart, 2010. – 130p.
146. MAHLE GmbH. Piston and Engine Testing. – Vieweg Teubner Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Stuttgart, 2012. – 284p.
147. Nagesh Goel. Failure Analysis of Diesel Engine Cylinder Liners. – AEIS Case Study, AEIS, Linden, USA, 2009. – 23p.
148. NURAL. Pistons, Liners and Assemblies. Catalogue No.CATNU1201. – Federal–Mogul Global Aftermarket EMEA, Kontich, Belgium, 2013–2014. – 1334 p.
149. Silva F. S. Fatigue on engine pistons – A compendium of case studies. – Engineering Failure Analysis, Vol.13, 2006, p.480–492.
150. Singh R. C., Lal R., Ranganath M. S., Chaudhary R. Failure of Piston in IC Engines: A Review. – International Journal Of Modern Engineering Research (IJMER), Vol.4, Iss.9, Sept.2014, p.1–10.
151. Teikin Engine Components Catalogue Volume 13 – Pistons, Cilinder Liners, Liner Kit Sets. – Teikin, PT.Edico Utama, Kawasan Industri, Jakarta 13920, Indonesia, 2011. – 247p.
152. Zhiwei Yu, Xiaolei Xu, Hongxin Ding. Failure analysis of a diesel engine piston–pin. – Engineering Failure Analysis, January 2007, p.110–117.
- Коленчатые валы – повреждения, поломки и их причины**
153. Повреждения коленчатого вала, их причины и способы устранения. MS Motorservice International GmbH. – 12/14 RU, KSPG Automotive, BF Germany, 2012. – 2 p.
154. Farrahi G. H. etc. Failure Analysis of a Four Cylinder Diesel Engine Crankshaft Made From Nodular Cast Iron. – The Journal of Engine Research/Vol. 22 / Spring 2011, p.21–28.
155. Heyes A. M. Automotive Component Failures. – Engineering Failure Analysis, Elsevier Science Ltd, Vol.5, No.2, 1998, p.129–141.
156. SACHS Двухмассовый маховик (ZMS). Причины выхода из строя. Информация по техническому обслуживанию. Пер. с нем. – ZF Services GmbH, Schweinfurt, Germany, 2010. – 3 с.
157. Silva F. S. Analysis of a vehicle crankshaft failure. – Engineering Failure Analysis, Vol.10, 2003, p.605–616.
158. Zhiwei Yu, Xiaolei Xu. Failure analysis of a diesel engine crankshaft. – Engineering Failure Analysis, V.12, 2005, p. 487–495.
- Вкладыши подшипников – рабочий процесс, повреждения, поломки и их причины**
159. Копелиович Д. Как избежать отказов в работе подшипников скольжения. – «Автомобиль и сервис», № 10/2012, с. 62–64.
160. Копелиович Д. Вкладыши для двигателя – детали критические. – «Автомобиль и сервис», № 8/2012, с. 42–44.
161. Хрулев А. Э., Кротов М. В. Влияние неисправностей в системе смазки на характер повреждения подшипников ДВС. – Двигатели внутреннего сгорания, № 1, 2018, с. 74–81.
162. Хрулев А. Почему застучал вкладыш? – «Автомобиль и сервис», № 12/2000, с. 14–16.
163. Хрулев А. Подшипники двигателей. – «Автомобиль и сервис», № 01/1998, с. 41–44.
164. Чернавский С. А. Подшипники скольжения. – М.: Гос. научно–техн. изд. машиностроительной лит., 1963. – 244 с.
165. Clevite Performance Engine Parts Catalog. – Mahle–Clevite, USA, 2016. – 178 p.
166. Engine Bearings. Failure & Analysis Guide. – Clevite Issue form #CBE-1–1208, Mahle Clevite Inc., Ann Arbor, Mi 48108, USA, 2008. – 32p.
167. Engine Bearings. Failure & Analysis Guide. – Clevite 77, Dana Corporation, Form # CL77–3–4021350, Eisenhower Place, Ann Arbor, MI 48108, U.S.A., 2002. – 32p.
168. Engine Bearings: Failure Analysis and Correction. – MAHLE Aftermarket Inc. 23030 MAHLE Drive, Farmington Hills, MI 48335 United States, 2014. – 39p.
169. GLYCO. Engine Bearings. Catalogue No.CATGY1201. – Federal–Mogul Global Aftermarket EMEA, Kontich, Belgium, 2013–2014. – 1321p.
170. King Engine Bearings Catalogue. – King Engine Bearings, Inc., 371 Little Falls Road, Suite 5, Cedar Grove, NJ 07009, USA, 2016. – 554p.
171. Kolbenschmidt. Подшипники скольжения. Каталог. – MS Motorservice International GmbH, Neuenstadt, Germany, 2016. – 1515 с.
- Шатуны – виды и причины повреждений**
172. Mohammed M. N. and others. Failure Analysis of a Fractured Connecting Rod. Journal of Asian Scientific Research, V.2, 2011, p. 737–741.
173. P. S. Shenoy. Dynamic Load Analysis and Optimization of Connecting Rod. The University of Toledo, 2004. – 188p.
- Головки цилиндров и клапаны – причины повреждений и поломок**
174. Информация о продукте: свечи зажигания. Серия PIA. – Product Information Automotive. Пер. с англ. – Robert Bosch GmbH, 2010. – 44 с.
175. Неисправности клапанов и их причины. – TRW/MSI Motor Service, KSPG Automotive Group, 50003976–09, 2010. – 4 с.

176. Поломки стержней на впускных и выпускных клапанах. TRW Service Information No.SI 0015. – MS Motor Service International GmbH, 74196 Neuenstadt, Germany, 2006. – 2 с.
177. Поломка клапана на конце стержня. TRW Service Information No.SI 0028. – MS Motor Service International GmbH, 74196 Neuenstadt, Germany, 2011. – 2 с.
178. Хрулев А. Дело – в волшебных пузырьках. Автомобиль и сервис. – 2004, № 1, с. 38–41.
179. Хрулев А. Причины поломок клапанов. Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт. – 2007, № 8, с. 31–34.
180. Хрулев А. Когда неисправен клапан. – «Автомобиль и сервис», № 08/1999, с. 26–28.
181. D. Morehouse and others. Diesel Engine valve failures. N0R1L0, B2Y3Z7, Defence Research Development Canada Atlantic, Ontario, Canada, 2004. – 15p.
182. Raghuwanshi N. Kr. and others Failure Analysis of Internal Combustion Engine Valves: A Review. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 1, Issue 2, December 2012, p.173–181.
183. Azadi M., Roozban M., Mafi A. Failure analysis of an intake valve in a gasoline engine. – The Journal of Engine Research, Vol.26, spring 2012, p.03–09.
- Уплотнения – устройство и причины потери герметичности**
184. Кондаков Л.А., Голубев А.И. и др. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. – 2–е издание, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1994. – 994 с.
185. Прокладки головок блока цилиндров. Правильное определение и предотвращение типичных поломок. – ElringKlinger AG, Geschäftsbereich Ersatzteile, Max-Eyth-Strabe 2, D-72581 Dettingen/Erms, 2005. – 18 с.
186. Хрулев А. Почему прогорела прокладка? – «Автомобиль и сервис», № 2/2000, с. 10–12.
187. PAYEN. Gaskets, Oil Seals and Bolts. Catalogue No.CATPA1001. – Federal–Mogul Corporation, Central Distribution Centre, Kontich, Belgium, 2012. – 1766p.
188. Seals: Failure Analysis Guide. Eliminate Potential and Future Problems. – Systemseals, Cleveland, Ohio, USA, 2014. – 22p.
189. Victor Reinz. MLS Cylinder–head Gaskets and Damage Analysis. Tips and Practical Information No. 5. – Power Technologies Group, REINZ–Dichtungs–GmbH, Neu–Ulm, Germany, 2010. – 8p.
- Турбокомпрессоры – рабочий процесс, конструкция, неисправности**
190. Петраханальцев Н. Наддув двигателей внутреннего сгорания. Учебное пособие. – М.: Издательство РУДН, 2003. – 320 с.
191. Савельев Г.М. и др. Опыт доводки и производства турбокомпрессоров автомобильных дизелей. Уч. пособие для инст. повышения квалификации. – М.: НАМИ, 1985. – 94 с.
192. Турбокомпрессоры. – Киев: Изд–во ООО «Турбомагия», 2004. – 80 с.
193. Турбодвигатели и компрессоры: Справ. Пособие/ Г. Хак, Лингкабель. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. – 351 с.
194. MAHLE Turbocharger Catalogue. Technical Service. Catalog No.TC-10–14, Supersedes TC-10–11, Mahle GmbH, 2015. – 56p.
195. Turbocharger: Damage Profiles, Causes, and Prevention. Technical information MO-2–613. MAHLE Clevite Inc., 1240 Eisenhower Place, Ann Arbor, MI 48108, United States, 2008. – 16p.
- Фильтры для воздуха, топлива и масла – устройство и особенности работы**
196. Буцкий Ю. Тонкая дизельная фильтрация. – «Автомобиль и сервис», № 04/2013, с. 25–28
197. Волокнистые фильтры HEPA. – [Электронный ресурс], <https://tion.ru/blog/>.
198. М.Колодочкин, А. Шабанов. Забег в респираторе. – За рулем, № 10, 2006.
199. Основы фильтрации. Часть 1 и 2. – [Электронный ресурс], http://pallekb.ru/eto_interesno.
200. Разговор начистоту. «Арктический СНИП». Выпуск № 2(14), 2002, с. 36–38.
201. Сказ о том, как фильтры пачкаются. – [Электронный ресурс], <http://habrahabr.net/thread/1325>.
202. Техническая брошюра по фильтрам. – MSI Motor Service International GmbH, Neckarsulm, Германия, 2010. – 40 с.
203. Фильтрация дизельного топлива. Пер. с англ. – Stanadyne Corporation, 92 Deerfield Road, Windsor, CT 06095, U.S.A, 2012. – 16 с.
204. Хрулев А., Буцкий Ю. Гарантийный возраст дожития. – «Автомобиль и сервис», № 07/2017, с. 46–50.
205. «Чисто десятка». – За рулем, 2004, № 6, с. 42–45.
206. Чупалов В.С. Воздушные фильтры. – Спб., СПГУТД, 2005. – 167 с.
207. Filters. Catalogue. – MS Motorservice International GmbH, Wilhelm–Maybach–Straube 14–18, 74196 Neuenstadt, Germany, 2014. – 1012p.
- Топливо и масло ДВС**
208. Балабанов В.И., Болгов В.Ю. Автомобильные присадки и добавки. – М.: Эксмо, 2011. – 152 с.
209. Буцкий Ю. Масло в моторе. Часть 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 03/2011, с. 36–44, № 04/2011, с. 52–63.
210. Буцкий Ю., Хрулев А. Заправляться или бдеть? – «Автомобиль и сервис», № 06/2013, с. 24–26.
211. Буцкий Ю. О цетановом числе – начистоту. – «Автомобиль и сервис», № 10/2000, с. 38–39.
212. Калицев А. Передозировка. – «Авторевю», № 6, 2004, с. 44–47.
213. Обельницкий А.М., Егорушкин Е.А., Чернявский Ю.Н. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Под редакцией Обельницкого А.М. Издание второе, исправленное и дополненное. – Москва, ИПО «Полигран», 1997. – 273 с.

214. Шишков И. Н., Белов В. Б. Авиационные горюче-смазочные материалы и специальные жидкости. – М.: Транспорт, 1979. – 247 с.
215. Хрулев А., Буцкий Ю. Ода терпеливому мотору. – «Автомобиль и сервис», № 06/2016, с. 46–48.
216. Хрулев А. Допуски... куда? – «Автомобиль и сервис», № 11/2015, с. 69–72.
217. Хрулев А. Бензин как причина поломки. – «Автомобиль и сервис», № 12/2014, с. 34–36.
218. Хрулев А., Томилин С. Масло или «масло» – «Автомобиль и сервис», № 12/2010, с. 22–25.
219. Хрулев А. Надо ли промывать двигатель – «Автомобиль и сервис», № 03/2000, с. 14–15.
- Газовое топливо для двигателей, газификация бензиновых ДВС – системы подачи, устройство и влияние на надежность и повреждение двигателей**
220. Афонин С. Газовое оборудование автомобилей. Устройство, установка, обслуживание. Практическое руководство. – Изд-во «Пончик», 2001. – 52 с.
221. Григорьев Е. Г. и др. Газобаллонные автомобили. – М.: Машиностроение, 1989. – 216 с.
222. Золотницкий В. А. Новые газотопливные системы автомобилей / Под ред. С. Н. Погребного. – М.: Издательский дом Третий Рим, 2005. – 64 с.
223. Золотницкий В. А. Отечественная и зарубежная газобаллонная аппаратура на легковых автомобилях. – Изд-во ЛИВР, 1997. – 46 с.
224. Золотницкий В. А. Автомобильные газовые топливные системы. – Изд-во АСТРЕЛЬ, 2002. – 161 с.
225. Лиханов В. А., Девятьяров Р. Р. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования. Учебное пособие. – ФГОУ ВПО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Кафедра двигателей внутреннего сгорания, Киров, 2006. – 184 с.
226. Петров А., Ширяев А. Газовое топливо и надежность клапанов. – Автомобиль и сервис, № 04, 2004, с. 42–45.
227. Тимофеев Е., Хрулев А., Буцкий Ю. Сакральная тайна голубого топлива, ч. 1,2,3. – Автомобиль и сервис, № 12/2016, с. 12–13, № 10/2016, с. 10–12, № 11/2016, с. 12–17.
228. Хрулев А., Самохин С. Коль на газе ездит Хонда... – Автомобиль и сервис, № 10/2003, с. 40–43.
229. VW Service Training. Программа самообучения 427. Газобаллонная установка на сжиженном газе BiFuel. Устройство и работа. – Перевод и верстка ООО «ФОЛЬКСВАГЕН Груп Рус». – VOLKSWAGEN AG, Вольфсбург, 2010. – 58 с.
- Материалы для деталей двигателей**
230. Моговилин Г. В. и др. Автомобильные материалы. Справочник. – М.: Транспорт, 1989. – 464 с.
231. Сорокин В. Г. и др. Марочник сталей и сплавов. Справочное издание. – М.: Машиностроение, 1988. – 640 с.
232. Справочник металлиста. В 5–ти т. Т. 1. Изд. 3–е, перераб./ Под ред. С. А. Чернавско-го, В. Ф. Рещикова. – М.: Машиностроение, 1976. – 768 с.
233. Hiroshi Yamagata. The science and technology of materials in automotive engines. – Woodhead Publishing Ltd, Abington Hall, Abington, Cambridge CB1 6AH, England, 2005. – 331p.
234. Tracy D. How NASCAR Engineers Use High-Powered Microscopes To Understand Engine Failures /05.17. – [Электронный ресурс], www.blackflag.jalopnik.com.
- Обслуживание и ремонт двигателей в целом**
235. Асриянц А. И. и др. Технология авторемонтного производства. Учебник для вузов / под ред. К. Т. Кошкина. – М.: Транспорт, 1969. – 568 с.
236. База данных Autodata 3.38. Руководство по ремонту, обслуживанию и диагностике всех марок автомобилей. Версия: CDA3.38, Hotline Number: 01628 688150. – Autodata Ltd, 2010.
237. Виноградов В. М. Технологические процессы ремонта автомобилей: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. 6–е изд., стер. – М.: издательский центр «Академия», 2013. – 432 с.
238. Гаврилов К. Профессиональный ремонт ДВС автотранспортных средств, дорожно-строительных и сельскохозяйственных машин иностранного и отечественного производства. Серия «Профессиональное образование». – М.: Форум, 2009. – 304 с.
239. Заполнение отремонтированных двигателей маслом под давлением. Service information. Пер. с нем. – MS Motorservice International GmbH, Rheinmetall Company, 2016. – 2 с.
240. Кузнецов А. С. Ремонт двигателя внутреннего сгорания. Учебн. пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 64 с.
241. Петрищев И., Хрулев А. Ремонт мотора начните с экономических расчетов. Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт. – 2007, № 7. – С. 50–56.
242. Петросов В. В. Ремонт автомобилей и двигателей: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. 6–е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 224 с.
243. Чейз Д. М., Холдерман Д. Д. Автомобильные двигатели. Теория и техническое обслуживание. Пер. с англ. – Изд-во Вильямс, 2006. – 664 с.
244. Хрулев А. Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. – М.: Изд-во «За Рулем», 1998. – 480 с.
245. Хрулев А. Инструкция важнее мастерства? – «Автомобиль и сервис», № 03/2014, с. 32–35.
246. Хрулев А., Самохин С. Что такое хорошо и что такое плохо. – «Автомобиль и сервис», № 10/2011, с. 24–26.
247. Хрулев А. Серьезные последствия маленьких проблем. Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт. – 2009, № 3. – С. 15–17.
248. Хрулев А., Горелик П. Ремонт неремонтируемого. – «Автомобиль и сервис», № 06/2006, с. 6–10.

249. Хрулев А. «Моторист–конструктор» или как правильно собрать двигатель? ч. 3. – Автомобиль и сервис, № 3/2001, с. 12–14.
250. Хрулев А. Сколько стоит капремонт? – «Автомобиль и сервис», № 06/1999, с. 8–10.
- Ремонт отдельных деталей двигателей – технологии, оборудование, особенности, дефекты**
251. Петрищев И., Хрулев А. Притирка клапанов не терпит приблизительности... – Транспортный цех, 2007, № 10, с. 32–40.
252. Петрищев И. О «роллс–ройсах», «рабочих лошадках» и конкуренции. – «Автомобиль и сервис» № 7, 2007, с. 56–60.
253. Петрищев И., Хрулев А. В своем ли седле сидит клапан? Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт. – 2006, № 11, с. 30–35.
254. Петрищев И., Хрулев А. Ремонт постелей головок и блоков: расточка или хонингование?, ч. 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 02/2006, с. 12–15, № 03/2006, с. 72–75.
255. Петрищев И., Хрулев А. Ремонт головок блока цилиндров: цена несоосности, ч. 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 12/2005, с. 16–21, № 01/2006, с. 16–20.
256. Ремонт алюминиевых блоков цилиндров. – MSI Motor Service International GmbH, Neckarsulm, Германия, 2006. – 100 с.
257. Хрулев А. Алюминиевый блок цилиндров: „Заменить нельзя ремонтировать“, ч. 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 10/2002, с. 34–36, № 01/2003, с. 36–39.
258. Хрулев А. Блок цилиндров: растачиваем правильно. – «Автомобиль и сервис», № 06/2002, с. 32–33.
259. Хрулев А. Коленчатый вал: как будем ремонтировать?, ч. 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 06/2001, с. 40–42, № 10/2001, с. 34–39.
260. Хрулев А. Когда лучше меньше, да лучше... ч. 1 и 2. – «Автомобиль и сервис», № 12/2008, с. 56–59, № 01/2009, с. 4–6.
261. Петрищев И., Хрулев А. Определяемся: расточка или хонингование? Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт. – 2007, № 8, с. 34–36.
262. Хрулев А. Поспешай не торопясь: как не ошибиться при выборе станка для шлифовки клапанов. – «Автомобиль и сервис», № 01/2007, с. 6–10.
263. Хрулев А. Ремонт головки блока: как избавиться от притирки. – «Автомобиль и сервис», № 09/2005, с. 16–20.
264. Хрулев А. Э., Грузинский С. В., Кочуренко Ю. В. Численное моделирование и сравнительный анализ конструктивных схем оборудования с целью повышения точности обработки клапанных седел в головках цилиндров ДВС. Всеукраинский научно–технический журнал «Двигатели внутреннего сгорания», 2016, № 1. – с.72–80.
- Стандарты и нормативные документы**
265. ГОСТ 8002–74 «Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Воздухоочистители. Методы стендовых безмоторных испытаний». М.: Издательство стандартов, 1984. – 32 с.
266. ГОСТ Р ЕН 1822–1–2010 Высокоэффективные фильтры очистки воздуха РА, HEPA и ULPA. Часть 1. Классификация, методы испытаний, маркировка. М.: Стандартинформ, 2011. – 15 с.
267. ГОСТ 2517–85 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб». М.: Стандартинформ, 2010. – 27 с.
268. ГОСТ Р 52659–2006 «Нефть и нефтепродукты. Методы ручного отбора проб». М.: Стандартинформ, 2007. – 38 с.
269. ГОСТ 54909–2012 (ИСО 683–15:1992). Металлопродукция из легированной стали и сплавов для клапанов двигателей внутреннего сгорания. Технические условия (ISO 683–15:1992. Heat–treatable steels, alloy steels and free–cutting steels – Part 15: Valve steels for internal combustion engines). М.: Стандартинформ, 2012. – 26 с.
270. ГОСТ Р 53840–2010. Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2010. – 21 с.
271. ГОСТ Р 53812–2010 Двигатели автомобильные. Толкатели клапанов. Технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2010. – 13с.
272. ГОСТ Р 53480–2009 «Надежность в технике. Термины и определения». – М.: Стандартинформ, 2010. – 27 с.
273. ГОСТ 27.002–89. «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения». – М.: Изд–во «Национальные стандарты», 2007. – 24 с.
274. ГОСТ 15467–79. «Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения». – М.: Стандартинформ, 2009. – 22 с.
275. ГОСТ 15895–77. «Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения». – М.: Изд–во стандартов, 1991. – 49 с.
276. Державний Стандарт України ДСТУ 2860–94. «Надійність техніки. Терміни та визначення». Чинний від 1996–01–01. Офіц.вид. – К.: Держстандарт України, 1995. – 92 с.
277. Методические указания. Расчеты и испытания на прочность. Классификация видов изломов металлов. РД 50–672–88. Госкомитет СССР по стандартам, 1989. – 21с.
278. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту», [Электронный ресурс] Официальный сайт Евразийской экономической комиссии (ЕЭК), 2011. – 22 с.
279. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» (с изменениями на 14 октября 2015 года). – [Электронный ресурс] Официальный сайт Евразийской экономической комиссии (ЕЭК), 2015. – 465 с.