

**Р.Г. Нигматуллин, В.Р. Нигматуллин, И.Р. Нигматуллин**

**Диагностика ДВС по анализу  
моторного масла**

**Уфа  
ГУП РБ «Уфимский полиграфкомбинат»  
2011**

**УДК 621.892.097.2**  
**ББК 39.33 - 082 - 326**  
**Н 60**

**Рецензенты**

**Доктор технических наук, профессор, академик АН РБ**  
**Бакиев Ахмет Вахитович**

**Доктор технических наук, профессор**  
**Шустер Лева Шмульевич**

**Нигматуллин Р.Г., Нигматуллин В.Р., Нигматуллин И.Р.**

**Диагностика ДВС по анализу моторного масла. – Уфа: ГУП РБ «Уфимский полиграфкомбинат», 2011. – 297 с.**

В книге рассмотрены роль и функции моторного масла в двигателе внутреннего сгорания. Выделены основные показатели качества моторного масла, приведены современные методы их определения, рассмотрены неисправности двигателя и смежных систем (топливной системы, системы охлаждения, смазки, зажигания и др.), вызывающих изменения этих показателей, негативном влиянии их на окружающую нас среду. Эта книга – обращение авторов-ученых, производителей, проектировщиков к владельцам автотранспорта. Берегите природу.

Табл. 37. Ил. 121. Библиогр.: 39 назв.

Научный редактор доктор технических наук, профессор Нигматуллин Р.Г.

## Оглавление

Вступление .....	5
Исторический обзор .....	7
Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины .....	10
1.1. Система смазки ДВС .....	16
1.2. Система охлаждения ДВС .....	23
1.3. Система питания .....	25
Глава 2. Изменение свойств масла в работающем двигателе .....	28
2.1. Окисление .....	28
2.2. Углеродистые отложения в двигателе .....	29
2.3. Вязкость .....	34
2.4. Содержание механических примесей .....	39
2.5. Содержание в работавшем масле металлов – продуктов изнашивания деталей двигателя .....	42
2.6. Содержание воды .....	51
2.7. Температура вспышки .....	59
2.8. Диспергирующая способность масла .....	60
2.9. Содержание продуктов, нерастворимых в бензине .....	74
Глава 3. Влияние свойств масла на различные показатели .....	83
3.1. Влияние свойств масла на его расход и расход топлива в двигателях .....	83
3.2. Влияние свойств масла на срок его службы .....	87
3.3. Приборы для мониторинга состояния масла .....	93
3.4. Использование ИК-спектроскопии для мониторинга состояния масла .....	102
3.5. Практические методы ориентировочного определения работоспособности моторных масел .....	108
3.5.1. Комплексный анализ масла .....	108
3.5.2. Диагностика автомобиля по цвету дыма из выхлопной трубы .....	114
3.5.3. Выявление неисправностей по косвенным признакам .....	123
Глава 4. Разработка обобщенного показателя работоспособности моторных масел .....	128
4.1. Известные способы расчета обобщенного показателя работоспособности масла .....	128

4.2. Методика оценки моторного масла по экспресс-показателям, полученным маслотестером .....	143
Глава 5. Состав моторного масла .....	151
5.1. Базовые масла синтетические .....	151
5.2. Товарные базовые масла.....	158
5.3. Присадки к маслам .....	163
Глава 6. Свойства масел. Методы и оборудование для их определения.....	183
6.1. Физико-химические свойства .....	184
6.2. Методы контроля содержания сажи в масле .....	190
6.3. Устройства контроля, встроенные в систему циркуляции масла .....	194
6.4. Температурные характеристики масел .....	221
6.5. Химические свойства и характеристики.....	228
6.6. Вязкостные свойства масел .....	240
6.7. Международные классификации масел по вязкости.....	254
6.8. Вязкостно-температурные характеристики.....	257
6.9. Смазывающие свойства .....	259
6.10. Методы определения смазывающих свойств.....	268
6.11. Определение стабильности к окислению .....	273
6.12. Определение моющих свойств .....	276
6.13. Определение антикоррозионных свойств.....	280
6.14. Склонность к пенообразованию .....	284
6.15. Совместимость с эластомерами.....	284
6.16. Биологическая разлагаемость .....	285
6.17. Классификация масел по эксплуатационным свойствам (по назначению и качеству) .....	286
6.18. Одобрения производителей автомобилей .....	289
6.19. Моторные испытания масел.....	290
Список литературы.....	293

## Вступление

В настоящее время двигатели внутреннего сгорания (ДВС) являются самым распространенным источником механической энергии и основным загрязнителем окружающей среды выхлопными газами и отработанными смазочными материалами. Поэтому очень важно обеспечение его надежной и безопасной работы в течение длительного времени, с минимальными затратами на их ремонт и техническое обслуживание. При проявлении в ДВС неисправностей масло может потерять работоспособность в течение короткого времени и стать причиной аварийной ситуации и загрязнения окружающей среды. Поэтому в книге рассматриваются известные методы анализа моторных масел и предлагается экспресс-диагностика ДВС по анализу работающего масла. Анализ моторного масла служит двум целям: оптимизации замены масла и диагностике состояния двигателя. Рекомендованные производителями ДВС интервалы являются общими рекомендациями (причем очень осторожными), основанными на статистических данных. Но так как двигатели эксплуатируются по-разному, то применение общих рекомендаций к конкретному двигателю с большой вероятностью приводит к тому, что масло меняется либо слишком часто, либо недостаточно часто. И в том, и в другом случае решение ошибочно, и это стоит денег. Анализ масла позволяет оценить его состояние, увидеть, насколько хорошо масло выполняет свои функции, и сделать вывод о том, что, например, надо не менять масло, а внести определенные присадки, выработанные в процессе эксплуатации. Анализ может показать, что Вам срочно нужно сменить масло из-за его низкого качества или неисправностей систем питания, зажигания, охлаждения и смазки ДВС, хотя рекомендованный срок замены еще не прошел.

По статистике, регулярный анализ масла увеличивает пробег или работу без замены в 2 раза без ущерба для двигателя при исправных его системах! Это

## Вступление

значит, что расходы на само масло, фильтры и работу по замене сокращаются в два раза!

Для поддержания автомобиля в надёжном работоспособном состоянии мы рекомендуем маслотестер.

Масло – кровь двигателя, и по его анализу можно диагностировать огромное количество заболеваний двигателя, определить вероятность поломки того или иного узла. Зная это, можно заменить только этот узел, а не проводить дорогостоящий капремонт всего агрегата. Маслотестер позволяет проводить количественный анализ таких важных параметров «здоровья» двигателя, как содержание топлива (нарушение системы питания), содержание намагничиваемых продуктов износа, прокачиваемость масла при низких температурах, коррозионные свойства масла, плотность, вязкостно-температурный показатель, а с помощью капельного метода – ресурс масла и наличие в нём охлаждающей жидкости и воды.

Что ни говори, анализ масла – эффективное средство экономии на обслуживании автомобильных и авиационных двигателей, турбин, сложных станков и другого промышленного оборудования, решения усугубляющихся экологических проблем.

## Исторический обзор

В 1954-55 гг. в документе общества инженеров-автомобилестроителей США (SAE) написано: «Уже говорилось о том, что масло так же необходимо двигателю, как кровь – человеческому организму. Врачи на основании результатов анализа крови могут многое сказать о физическом состоянии человека (рис.1).

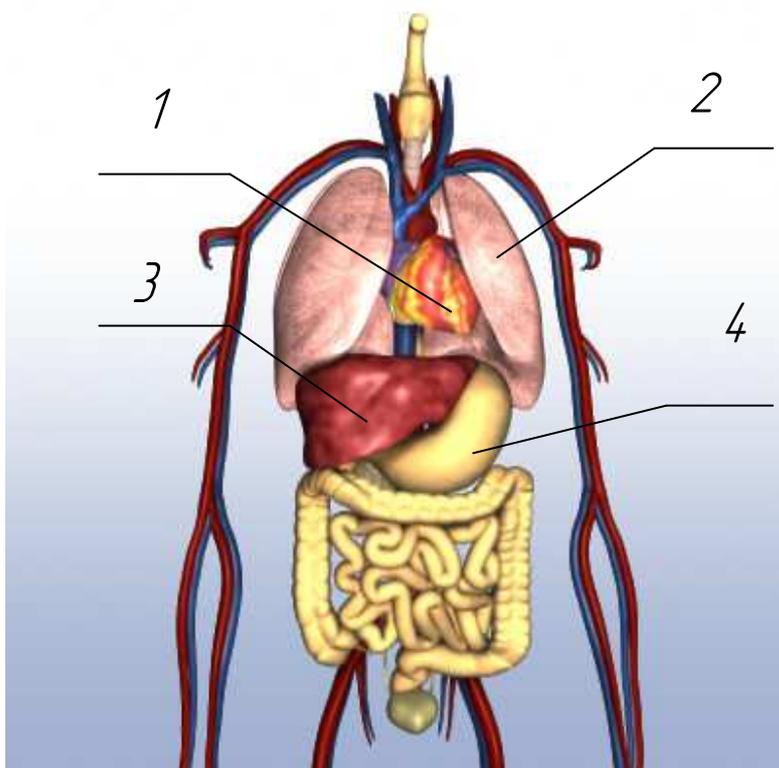


Рисунок 1. Жизненно важные органы человека:

1 – сердце; 2 – легкие; 3 – печень; 4 – желудок.

Таким образом, по результатам анализа масла мы можем многое узнать о двигателе». Так что моторное масло во многом схоже с кровью человека. Если масло или двигатель находятся в плохом состоянии, эксплуатация техники может оказаться неэффективной. При анализе работавшего в двигателе масла возникают параллели с клиническим исследованием человеческого «масла» – крови. Анализы масла и крови определяют состояние этих жидкостей; но они

## Исторический обзор

также позволяют судить и о состоянии самой машины, т.е. двигателя или организма. Промышленные анализы двигательной «крови» начали проводить в 1927 г., когда лаборатории Фабера впервые предложили свои услуги владельцам автомобильных парков. Исследовательское отделение одной издательской компании провело исследование применения топлив и масел. Выяснилось, что более половины из 482 парков грузовых автомобилей в США с количеством транспортных единиц десять и более, осуществляют анализ масел на практике. 56% парков прибегают к услугам независимых лабораторий, тогда как 35% парков сотрудничают с лабораториями фирм, поставляющих им масла. 12% закупили специальные лабораторные комплекты и проводят анализы своими силами, а оставшимся 8% парков такие комплекты были поставлены поставщиком масел.

Анализ масел также популярен и в Европе. Например, в Великобритании одна компания, специализирующаяся на анализе горюче-смазочных материалов, обслуживает более 25 000 двигателей восьмисот различных моделей от семидесяти производителей. Ежегодно через эту компанию проходит более 70 000 образцов, что составляет более 350 000 анализов.

Анализ работавшего масла позволяет предотвратить поломку двигателя, своевременно сигнализируя о засорении воздушных фильтров, наличии течей в системе охлаждения, разжижении масла топливом и износе двигателя, загрязнении окружающей среды.

Авторитетный автомобильный журнал писал: «Посадите за стол 20 менеджеров по техническому обслуживанию грузовых автомобилей и спросите их, какова периодичность замены масла в их парках, – вы получите по крайней мере с десятков различных ответов».

Почему? А потому, что длительность службы масла зависит от многих факторов, как то типа, модели и пробега двигателя; условий эксплуатации автомобиля; состояния окружающей среды (чистоты воздуха); тщательности проведения технического обслуживания; вида и групп качества используемого

## Исторический обзор

масла; типа масляных фильтров; уровня содержания серы в топливе и наличия системы анализа масел и т.д.

С развитием научно технического прогресса, увеличением автомобильного, железнодорожного, авиационного, водного и др. транспорта увеличивается потребление горюче-смазочных материалов, всё острее становится проблема загрязнения среды обитания человека. Полностью оправдалось предположение В.М. Вернадского о том, что в дальнейшем наши знания будут развиваться не по наукам, а по проблемам. На примере проблем вызванных неквалифицированной эксплуатацией возрастающего количества транспорта и техники имеющей систему смазки это становится очевидным.

## **Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины**

Любой механический элемент конструкции машин и механизмов, включая двигатель, подвергается расчету на надежность, заключающуюся в безотказности работы, долговечности, сохраняемости и ремонтпригодности.

Это относится и к моторному маслу – важному элементу конструкции двигателя внутреннего сгорания, – на которое можно распространить понятия теории надежности, установленные ГОСТ 27.002-83, включая и понятие работоспособности [13]. Под работоспособностью подразумевается состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической документации (НТД). Неработоспособность – это состояние объекта, при котором хотя бы один из параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, не соответствует установленным требованиям.

### **Влияние систем ДВС на работоспособность масла**

Проведенный анализ позволяет установить наличие сходства по многим признакам между маслом и любой механической деталью двигателя, в частности, отмечается подобие в поведении масла и других деталей под воздействием внешних факторов, влиянии их состояния на надежность работы механизма.

Так, например, установлено, что одним из показателей, характеризующих состояние масла, является кислотное число  $C_k$  и его изменение во времени по мере работы в двигателе (или окисления) –  $C_k=f(\tau)$  (рис. 2.29). В большинстве случаев данная функция представляет собой экстремальную зависимость. Первоначально кислотное число масла снижается, предположительно, вследствие завершения технологического процесса получения масла путем оптимизации упаковки функциональных присадок. Указанный процесс на

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины

данном этапе является доминирующим; по его завершении  $C_k$  начинает повышаться. Окончательную апробацию качества моторных масел проводят по результатам квалификационных, стендовых или эксплуатационных испытаний.

Вместе с тем на этапе разработки масел и их производства возникают проблемы, связанные с оптимизацией состава, определяемого техническими или экономическими соображениями. Аналогичные по характеру проблемы могут возникать в случае необходимости корректировки состава товарных масел (товарной продукции).

Решение подобного рода задач на первом этапе требует «перебора» и проверки большого числа различных вариантов с целью выбора наиболее предпочтительного для последующей более детальной моторной проверки. В тоже время, принимая во внимание значительную продолжительность и стоимость последней, ее возможности на первом этапе использования существенно ограничены. Учитывая большой объем эксперимента на первом этапе исследования, ведущие фирмы, занимающиеся разработкой масел или пакетов присадок, для оптимизации состава широко используют оперативные методы анализа, призванные в большей или меньшей степени моделировать поведение масел в условиях применения. Указанные методы, как правило, отличаются от используемых при формировании нормативной или технической документации на масла и должны дополнять последние на этапе разработки масляной композиции или ее корректировки.

Большинство методов, входящих в документацию, спроецировано на контроль технологии производства. В отличие от них оперативные методы химмотологической направленности построены по принципу определения реакции масла на внешние воздействия, типичные для условий эксплуатации, т.е. предназначенные для оценки поведения масел не в статике, а в динамике (рис. 1.1).

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины

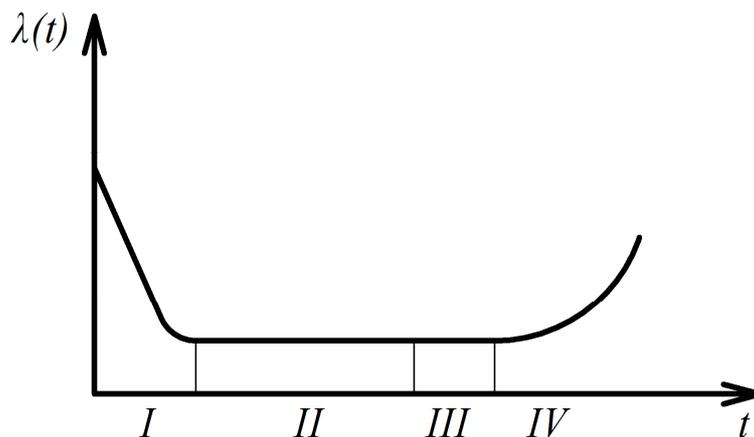


Рисунок 1.1. Зависимость числа отказов объекта  $\lambda$  от времени работы  $t$ .

На первом участке отказы связаны с недостатками изготовления технического объекта и минимизируются с наработкой (по мере обкатки). Для повышения надежности выпускаемой техники необходимо, чтобы период ее обкатки (приработки) являлся составной частью технологического процесса производства машин и механизмов и переходил на период гарантийной эксплуатации. Второй период соответствует нормальной работе, третий – продленному сроку службы вследствие хорошего технического обслуживания, четвертый – завершению срока службы объекта.

В дополнение к изображенному следует отметить, что прогнозирование работоспособности масел возможно осуществлять с использованием элементов теории надежности.

В свою очередь для отождествления масла с элементом конструкции двигателя необходимо количественное описание состояния масла и его изменения во времени. В общем случае наиболее продуктивным подходом в этом направлении следует считать моделирование поведения объекта (масла) в двигателе и его внутренних связей.

Применительно к поставленной задаче общие принципы моделирования, как показывает накопленный опыт, могут быть выражены блок-схемой, представленной на рисунке 1.2.

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины

При этом любые виды моделирования наиболее успешно осуществляются на базе специальных оперативных методов оценки качества масел, дающих возможность повтора эксперимента в кратчайшие сроки с необходимой сходимостью и воспроизводимостью для установления количественных связей и формирования соответствующих зависимостей.

Рассмотрим более подробно особенности использования в исследовательской практике указанных оперативных методов контроля качества масел и его изменения во времени.

В отечественной практике существует поэтапная оценка качества ГСМ, включая моторные масла.

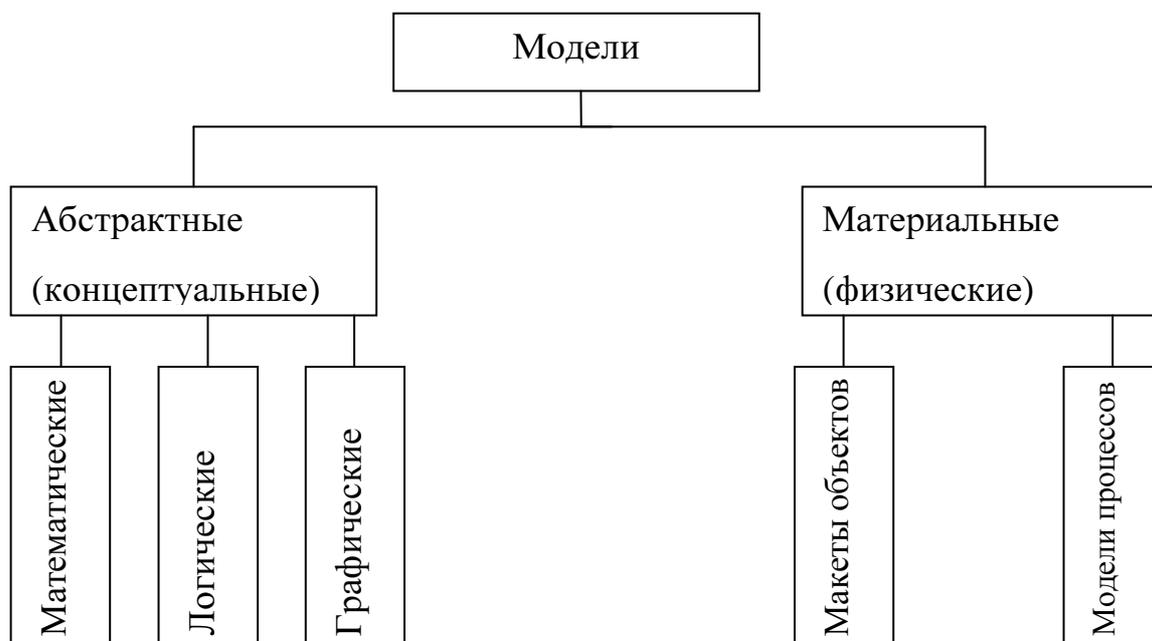


Рисунок 1.2. Основные классификации моделей, используемых для обработки экспериментальных данных.

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины



Рисунок 1.3. Основные принципы в формировании количественных связей между изучаемыми объектами.

Как известно, при разработке наиболее надежных методик оценки качества масел на базе оперативных методов в той или иной степени добиваются либо физического моделирования процесса, либо используют принцип аффинного подобия. Принимая во внимание сложность процессов, протекающих в нефтепродуктах на практике, в последнее время к обработке результатов исследования широко привлекается математическое моделирование. Оно внедряется либо как самостоятельный способ моделирования и описания поведения систем, либо в дополнение к указанному выше способу.

Успешное решение задач интерпретации масла как элемента конструкции машин при прочих равных условиях достигается путем установления не

Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины  
столько качественных, сколько количественных соотношений между изученными свойствами и показателями (рис. 1.3).

Для формирования количественных связей между аргументами и функцией их необходимо аппроксимировать математическими зависимостями. Указанная аппроксимация возможна различными способами.

Аналитическая модель предполагает выделение и описание основных физико-химических процессов, составляющих результирующий процесс и определяющих его механизм. Эмпирическая модель строится на базе умозрительного подхода, а корреляционная – путём обработки накопленных статистических данных методами корреляционного анализа.

При прочих равных условиях установление количественных соотношений возможно как при использовании нескольких (набора) методов, характеризующих различные свойства и стороны процесса, так и одного – наиболее полно и объективно моделирующего поведение масла в реальных условиях эксплуатации.

Для повышения надежности результатов общее число методов должно быть минимизировано, а в лучшем случае сведено к одному.

В итоге результаты, полученные в динамических условиях, следует использовать при решении оптимизационных задач на диаграмме "состав – свойство", дополняя ее при необходимости экономической составляющей как важным показателем реализуемой ценовой политики.

Одним из основных условий надежной и безопасной эксплуатации машин является их контроль и диагностика непосредственно при эксплуатации. При этом контроль должен быть оперативным, своевременным и достоверным без разборки систем и вмешательства в конструкцию техники, обеспечивая ее надежную эксплуатацию в течение установленного ресурса. Диагностика по анализу работающего масла является одним из способов безразборного контроля состояния машин, так как масло является наиболее эффективным, гибким, изменяемым и контролируемым элементом и накопителем

Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины информационных признаков их состояния. Систематический оперативный контроль качества масла и статистическая обработка результатов этого контроля позволяют определять, на каких стадиях возникают дефекты в машине, устанавливать и устранять причины их образования.

Опыт показывает, что при условии контроля параметров масла и систем ДВС в эксплуатации можно обеспечивать надежную работу машины в пределах установленного ресурса.

Рассмотрим влияние систем ДВС на работоспособность моторного масла.

### 1.1. Система смазки ДВС

Моторное масло смазывает, защищает от коррозии, износа, охлаждает и т.д.

На рисунке 1.4 изображена зависимость износа узла трения от пробега автомобиля на одном масле.

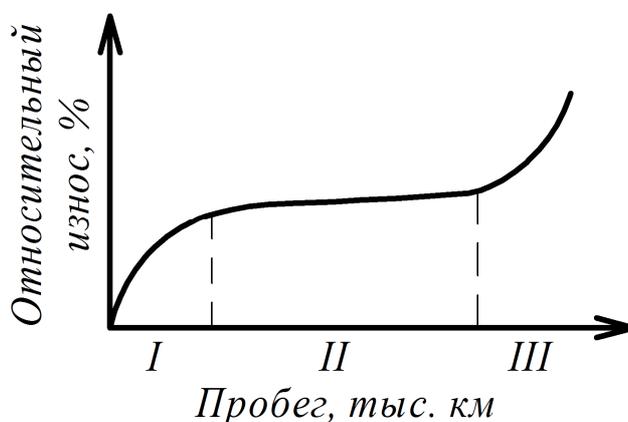


Рисунок 1.4. Зависимость относительного износа в узле трения от пробега автомобиля до замены масла:

I – приработка (обкатка); II – устойчивая работа; III – аварийный износ.

Самым продолжительным и стабильным является период II (устойчивая работа), износ практически не наблюдается. Именно поэтому очень важно знать ресурс масла, время его замены. Если промедлить или поторопиться с заменой масла, то процесс изнашивания двигателя увеличивается. Использование

Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины  
качественного масла, правильность его подбора, наряду с правильной эксплуатацией, и своевременной заменой поможет существенно продлить ресурс автомобиля, сократить потребление свежего и количество экологически грязного отработанного масла.

Система смазки ДВС состоит из следующих основных элементов, рис. 1.5, 1.6:

- поддона картера;
- масляного насоса;
- масляного фильтра;
- трубок, каналов и отверстий для подачи масла.

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины

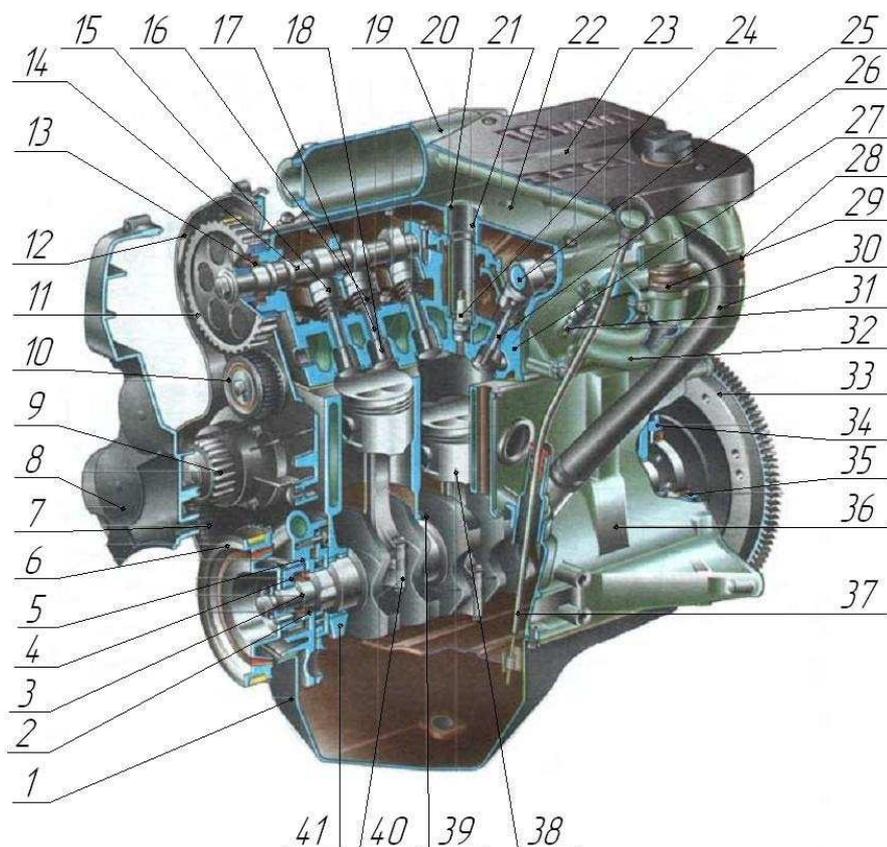


Рисунок 1.5. Схема двигателя внутреннего сгорания (вид спереди):

1 – поддон картера; 2 – передний сальник коленчатого вала; 3 – коленчатый вал; 4 – зубчатый шкив коленчатого вала; 5 – масляный насос; 6 – шкив привода генератора; 7 – зубчатый ремень; 8 – передняя крышка привода механизма газораспределительного вала; 9 – зубчатый шкив насоса охлаждающей жидкости; 10 – натяжной ролик; 11 – зубчатый шкив распределительного вала; 12 – задняя крышка; 13 – сальник распределительного вала; 14 – выпускной распределительный вал; 15 – гидротолкатель; 16 – пружина клапана; 17 – направляющая втулка клапана; 18 – выпускной клапан; 19 – ресивер; 20 – крышка подшипников распределительного вала; 21 – направляющая труба; 22 – крышка головки блока цилиндров; 23 – пластиковая крышка; 24 – свеча зажигания; 25 – распределительный вал; 26 – впускной клапан; 27 – головка блока цилиндров; 28 – соединительная муфта; 29 – топливная рампа; 30 – шланг вентиляции картера; 31 – форсунка; 32 – впускной коллектор; 33 – маховик; 34 – держатель заднего сальника коленчатого вала; 35 – задний сальник коленчатого вала; 36 – блок цилиндров; 37 – масляный щуп; 38 – поршень; 39 – шатун; 40 – крышка шатуна; 41 – крышка коренного подшипника коленчатого вала.

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины

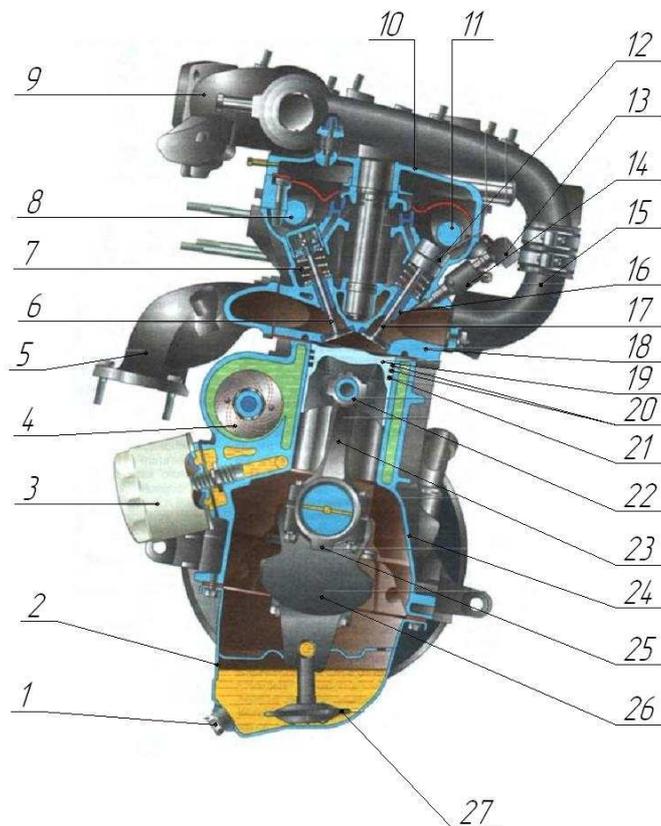


Рисунок 1.6. Схема двигателя внутреннего сгорания (вид сбоку):

1 – пробка сливного отверстия поддона картера; 2 – поддон картера; 3 – масляный фильтр; 4 – насос охлаждающей жидкости; 5 – выпускной коллектор; 6 – выпускной клапан; 7 – пружина клапана; 8 – выпускной распределительный вал; 9 – ресивер; 10 – крышка головки блока цилиндров; 11 – впускной распределительный вал; 12 – гидротолкатель; 13 – топливная рампа; 14 – форсунка; 15 – впускной коллектор; 16 – направляющая втулка клапана; 17 – впускной клапан; 18 – головка блока цилиндров; 19 – поршень; 20 – компрессионные кольца; 21 – маслосъемное кольцо; 22 – поршневой палец; 23 – шатун; 24 – блок цилиндров; 25 – крышка шатуна; 26 – коленчатый вал; 27 – приемник масляного насоса.

Важная роль для функционирования системы смазки ДВС отводится вентиляции картера. Она выводит продукты неполного сгорания и воду (в виде паров) из картера на дожиг. Если воздушный фильтр неисправен (неплотно сидит в корпусе, загрязнен, имеет дефекты), то в камеру сгорания вместе с воздухом попадает пыль. Пыль приводит к износу поршня и гильз цилиндров, образуются зазоры через которые в масло проникают продукты неполного сгорания, пыль, частицы износа, топливо (рис. 1.8). Засоренный фильтр не

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины

подает нужного количества воздуха в камеру сгорания, что также ведет к ухудшению вентиляции картера и накоплению в нём продуктов неполного сгорания и воды, ухудшению качества моторного масла.

Также причинами образования в масле механических примесей могут быть: неполное сгорание топлива, неисправности системы зажигания, загрязнение магистралей фильтров, дефекты выхлопной системы. Все это может привести к: нарастанию сажи и нагара на клапанах и поршнях, ухудшению теплообмена, повышенному износу, повышению расхода топлива, ухудшению компрессии.

Исправность всасывающего коллектора также имеет большое значение. Всасывающий коллектор – элемент относящийся к системе вентиляции картера, всасывает воздух из картера и отводит его обратно в впускной трубопровод, тем самым совершая круговорот (вентиляцию) воздуха в картере. Засоренный коллектор введет к ухудшению вентиляции картера, из-за чего в картер (масло) попадают продукты неполного сгорания, вода, топливо, сажа (рис. 1.7).

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины

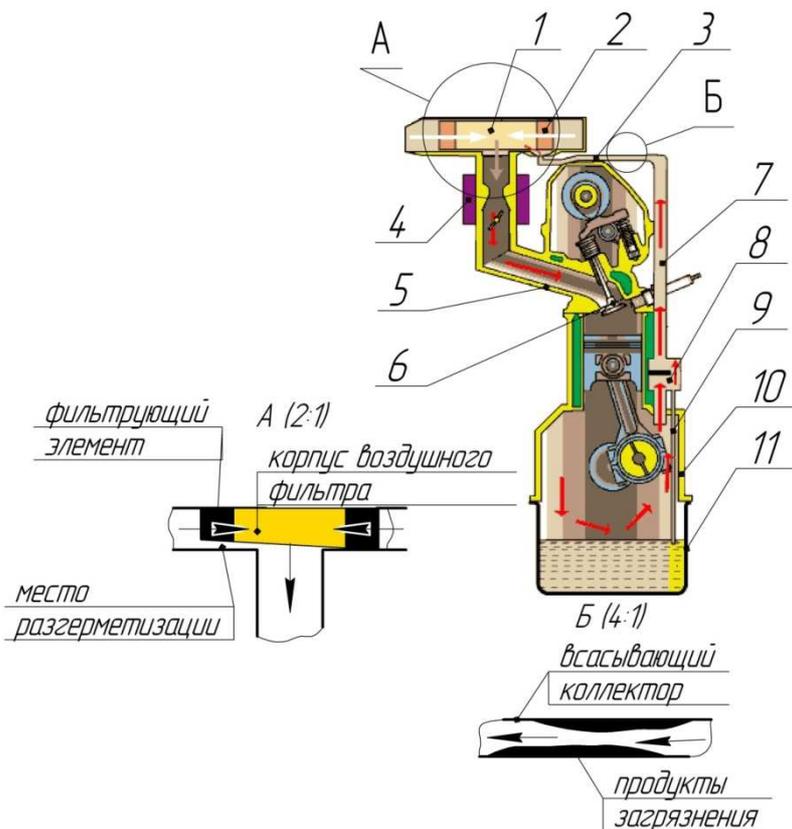
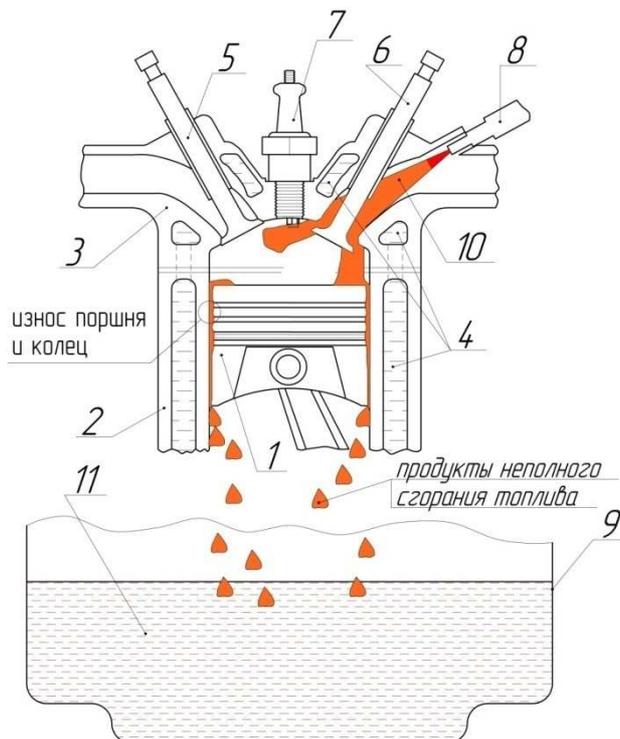


Рисунок 1.7. Схема вентиляции картера:

1 – корпус воздушного фильтра; 2 – фильтрующий элемент; 3 – всасывающий коллектор вентиляции картера; 4 – карбюратор; 5 – впускной трубопровод; 6 – впускной клапан; 7 – шланг вентиляции картера; 8 – маслоотделитель; 9 – сливная трубка маслоотделителя; 10 – картер двигателя; 11 – поддон картера.

Недостаточная вентиляция картера (неисправность коллектора или загрязненность воздушного фильтра) наряду с проникающей пылью (различные дефекты и неисправности воздушного фильтра) ведет к более тяжелым последствиям для ДВС при некачественном масле (рис 1.7).

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины



*Рисунок 1.8. Последствия износа поршня:*

1 – поршень; 2 – блок цилиндров; 3 – головка блока цилиндров; 4 – охлаждающая жидкость; 5 – выпускной клапан; 6 – впускной клапан; 7 – свеча зажигания; 8 – топливная форсунка; 9 – картер; 10 – топливо; 11 – масло.

## 1.2. Система охлаждения ДВС

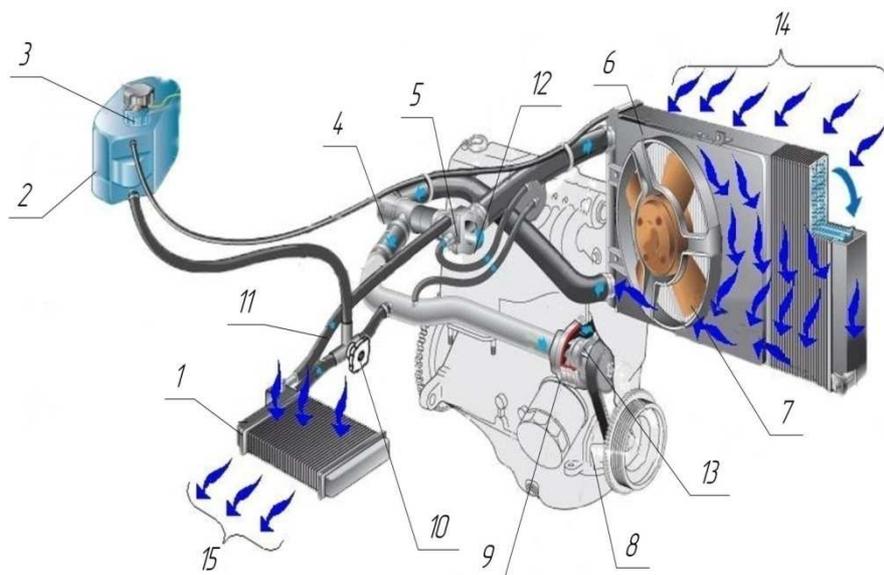


Рисунок 1.9. Система охлаждения ДВС:

1 – радиатор; 2 – расширительный бачок; 3 – крышка расширительного бачка; 4 – термостат; 5 – выпускной патрубок головки блока цилиндров; 6 – радиатор; 7 – электроventильатор; 8 – ремень привода газораспределительного механизма; 9 – насос охлаждающей жидкости; 10 – кран отопителя; 11 – поток на обогрев салона; 12 – поток из двигателя (на охлаждение); 13 – поток в двигатель (после охлаждения); 14 – охлаждение жидкости воздухом; 15 – теплый воздух в салон.

При сгорании топлива в двигателе внутреннего сгорания выделяется тепло, которое отводится системой жидкостного охлаждения, состоящей из следующих основных элементов (рис. 1.9):

- рубашки охлаждения (двойные стенки блока цилиндров и головок), пространство, заполненное охлаждающей жидкостью;
- радиатора, выполняющего функцию теплообменника, состоящего из двух блоков, соединенных большим количеством трубок;
- расширительного бачка, поддерживающего постоянный объем циркулирующей жидкости и определенное давление в системе;
- насоса, обеспечивающего циркуляцию охлаждающей жидкости в системе;

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины

- термостата – автоматического клапана, открывающегося при достижении охлаждающей жидкостью температуры 90...102 °С;
- трубопроводов.

Причинами наличия в масле охлаждающей жидкости могут быть: дефектные уплотнения или корродирующие места пайки масляного радиатора, дефектная прокладка головки блока, микротрещины в рубашке охлаждения. Все эти причины приводят к серьезным повреждениям двигателя.

В случае неисправности системы охлаждения в виде микротрещин в рубашке охлаждения или повреждения прокладки блока цилиндров охлаждающая жидкость попадает в камеру сгорания и в работающее масло, ухудшая его работоспособность (рис. 1.10). В случае несвоевременного определения возникших дефектов в системе охлаждения ДВС выходит из строя.

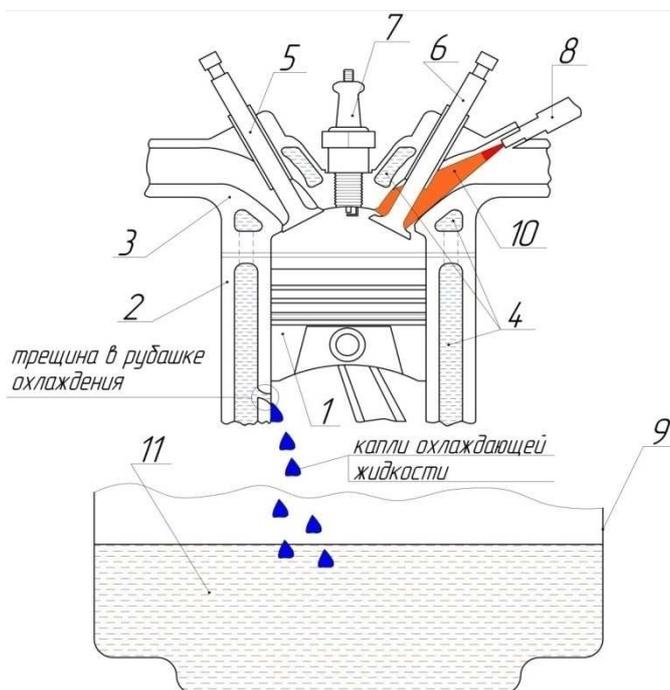


Рисунок 1.10. Последствия микротрещин в рубашке охлаждения:

- 1 – поршень; 2 – блок цилиндров; 3 – головка блока цилиндров; 4 – охлаждающая жидкость; 5 – выпускной клапан; 6 – впускной клапан; 7 – свеча зажигания; 8 – топливная форсунка; 9 – картер; 10 – топливо; 11 – масло.

### 1.3. Система питания

В системе питания топливо хранится, очищается, перемещается, смешивается с предварительно очищенным от пыли воздухом. Большинство автомобилей в мире оснащены бензиновыми двигателями. В зависимости от вида устройства, осуществляющего подготовку топливовоздушной смеси, двигатели могут быть инжекторными или карбюраторными рис. 1.11.

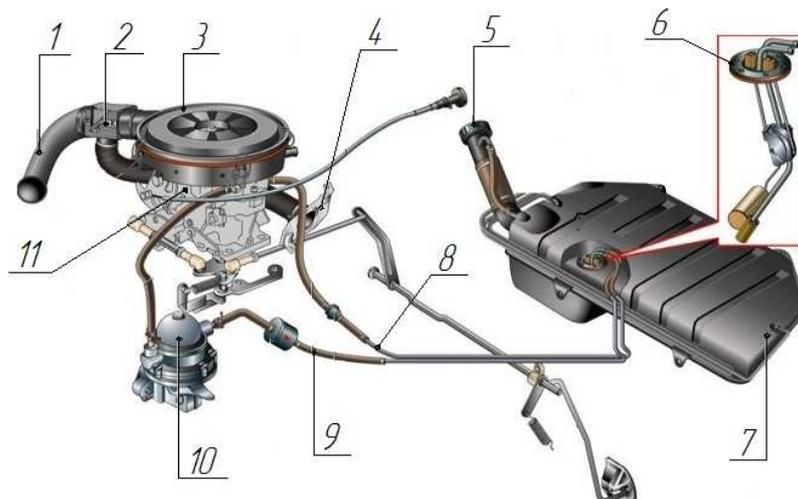


Рисунок 1.11. Система питания карбюраторного двигателя:

1 – воздухозаборник холодного воздуха; 2 – терморегулятор; 3 – воздушный фильтр; 4 – воздухозаборник теплого воздуха; 5 – наливная труба; 6 – датчик указателя уровня топлива; 7 – топливный бак; 8 – трубопровод слива избытка топлива; 9 – трубопровод подачи топлива из бака, 10 – топливный насос; 11 – карбюратор.

Система питания состоит из следующих основных элементов (рис. 1.11):

- топливного бака;
- фильтров очистки топлива;
- топливопроводов;
- топливного насоса;
- воздушного фильтра;
- карбюратора.

Причины высокого содержания топлива в масле: неполное сгорание топлива из-за неточных регулировок двигателя, плохая работа впрыска или

Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины карбюратора, неправильная установка зажигания, неправильная регулировка клапанов, дефектные распылители, изношенные поршневые кольца. Эти причины приводят к существенному ухудшению свойств масла, повышенному износу и перегреву двигателя.

Неполадки в системе питания приводят к износу из-за разжижения масла (из-за попадания топлива и продуктов его неполного сгорания в картер) и попадания пыли с воздухом, подаваемым на смешение с топливом. Из-за закоксовывания свечи зажигания топливо стекает в картер (не происходит зажигание при подаче топлива). Неисправная топливная форсунка подаёт слишком много топлива, в результате чего несгоревшее топливо стекает по стенкам цилиндра и поршня в картер, смывая с их поверхности масло, что приводит к износу (рис. 1.12).

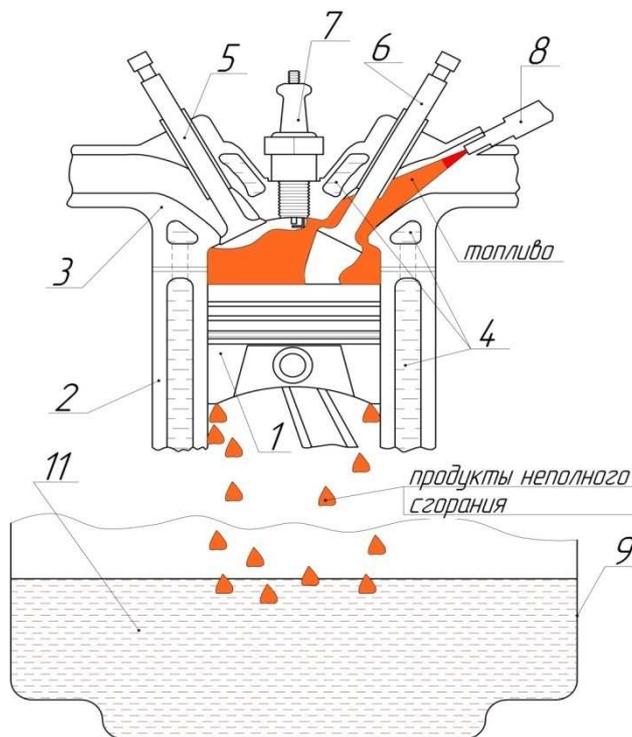


Рисунок 1.12. Неисправность системы питания:

- 1 – поршень; 2 – блок цилиндров; 3 – головка блока цилиндров; 4 – охлаждающая жидкость;  
 5 – выпускной клапан; 6 – впускной клапан; 7 – свеча зажигания; 8 – топливная форсунка;  
 9 – картер; 10 – топливо; 11 – масло.

## Глава 1. Моторное масло как важный элемент конструкции машины

Наиболее полное представление о работоспособности масла даёт анализ основных показателей качества: вязкости, по изменению которой можно судить о степени разжижения масла, а также его окисления или разрушения загущающей присадки; плотности (при попадании топлива снижается, при попадании воды увеличивается, меняется при изменении углеводородного состава); коррозионного воздействия масла на металлы (при срабатывании антикоррозионных присадок), содержания в масле охлаждающей жидкости (воды), механических примесей, продуктов износа и др. (характеризуют неисправности в системах охлаждения и очистки подаваемого на смешение с топливом воздуха от пыли), щелочного, кислотного чисел (характеризуют ресурс моторного масла) и т.д. [39] .