



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Иркутский государственный аграрный университет имени А.А.Ежевского  
Колледж автомобильного транспорта и агротехнологий

**Варис В.С.**

# **Автомобильные эксплуатационные материалы**

Учебное пособие по МДК 01.02

Специальность 23.02.03 «Техническое обслуживание и ремонт  
автомобильного транспорта»

Иркутск 2017

УДК. 629.113.  
В181

Варис Виктор Степанович. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие по МДК 01.02 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта» Иркутск: Издательство ИрГАУ, 2017. - 93 с.

Рекомендовано к печати предметно-цикловой комиссией Колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий ФГБОУ ВО ИрГАУ (протокол № \_\_ от \_\_ \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.).

Рецензенты:

Заместитель директора Федерального автономного учреждения «Иркутский центр профессиональной подготовки и повышения квалификации кадров

Федерального дорожного агентства» Н.П. Охремчук.

Преподаватель колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий, зав. цикловой комиссией Т.Е.Бадардинова.

Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта СПО и программы МДК 01.02 «Техническое обслуживание автомобилей», предназначенной для специальности 23.02.03 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта» в качестве учебно-методического пособия. В учебном пособии приведены необходимые иллюстрации и схемы, дополняющие основной текст.

© Варис В.С., 2017.

© Издательство Иркутский ГАУ, 2017.

## Содержание

Введение	4
1 Методы получения топлив и смазочных материалов	5
1.1 Вторичная переработка нефти	7
1.2 Получение жидких топлив	8
1.3 Получение моторных масел	10
1.4 Получение пластичных смазок	11
2 Автомобильные топлива	13
2.1 Общие свойства автомобильных топлив	13
2.2 Сгорание топлива в двигателе	14
2.3 Автомобильные бензины	16
2.4 Бензиновые двигатели	22
2.5 Автомобильные бензины зарубежного производства	26
2.6 Дизельные топлива	27
2.7 Классификация дизельных топлив	32
2.8 Дизельные топлива зарубежного производства	36
2.9 Газообразные топлива	37
2.10 Перспективные топлива для автомобилей	40
3 Смазочные материалы	44
3.1 Моторные масла	44
3.2 Моторные масла зарубежного производства	52
3.3 Трансмиссионные масла	56
3.4 Масла для гидравлических систем	61
3.5 Синтетические масла	64
3.6 Замена масел	66
3.7 Пластичные смазки	70
3.8 Классификация смазок по консистенции (густоте)	75
4 Технические жидкости	77
4.1 Жидкости для гидравлических систем	80
5 Конструкционные материалы	84
5.1 Лакокрасочные материалы	84
5.2 Резиновые материалы	88
5.3 Клеящие материалы	91
5.4 Изоляционные материалы	92
Список использованных источников	94

## Введение

Автомобильный транспорт является одним из наиболее крупных потребителей нефтепродуктов, вырабатываемых в стране. Большое внимание инженерно-технических работников, связанных с технической эксплуатацией автомобилей, должно уделяться экономии, рациональному использованию топлива и смазочных материалов, улучшению организации технического обслуживания. Только при правильном применении и умелом обращении с автомобильными эксплуатационными материалами можно достичь экономного их расходования и обеспечить длительный срок службы автомобилей.

На все выпускаемые в стране нефтепродукты разработаны Государственные стандарты (ГОСТы), на нефтепродукты иностранного производства – стандарты SAE и API. Каждый вид топлива, масла, смазочных материалов должен отвечать требованиям стандарта. В стандартах приведены показатели качества нефтепродукта, характеризующие его эксплуатационные качества. Соответствие применяемых нефтепродуктов требованиям стандарта – залог эффективной и надежной работы автомобильного транспорта.

На многих промежуточных этапах доставки нефтепродуктов от нефтеперерабатывающего завода до баз нефтесбытовых организаций происходят качественные и количественные изменения нефтепродуктов. Прежде чем попасть к потребителю, все эксплуатационные материалы должны сопровождаться паспортом качества лаборатории, в которой проверяются свойства поступившей партии нефтепродукта. По паспорту качества сравниваются свойства нефтепродукта с требованиями стандарта и делается заключение о возможности его использования в узлах и агрегатах, системах автомобиля.

Студентам следует освоить оценку показателей качества нефтепродукта в соответствии с техническими требованиями существующих ГОСТов. Студент при выполнении контрольной работы должен пояснить, как отклонения основных показателей качества нефтепродуктов от ГОСТа скажутся на работоспособности агрегатов, узлов и систем автомобиля.

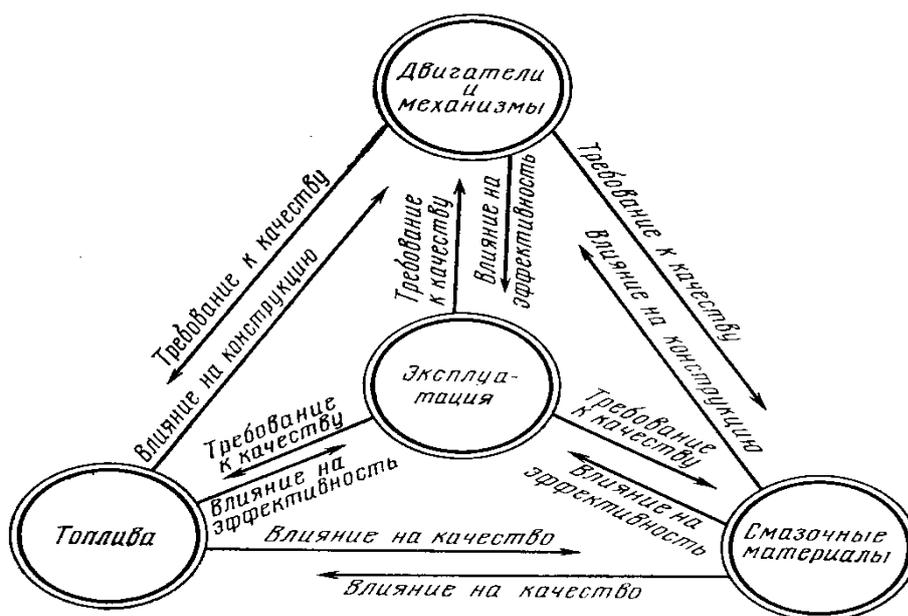


Рисунок 1 - Химмотологическая четырехзвенная система: «Топлива-Смазочные материалы-Двигатели-Эксплуатация»

# 1 Методы получения топлив и смазочных материалов

Природная нефть представляет собой раствор углеводородов различного состава и строения. Ее плотность составляет – 770-840 кг/м<sup>3</sup> (у более тяжелых нефтей – 1040 кг/см<sup>3</sup>), теплота сгорания 43000-45500 кДж/кг. Является основным сырьем для производства основной массы (более 90%) жидких топлив и масел, синтетических материалов (каучук, битум и т.д.). Нефть – жидкое горючее ископаемое от светло-коричневого до тёмно-бурого цвета со специфическим запахом. Нефть плотностью ниже 830 кг/м<sup>3</sup> называют лёгкой, 831–860 – средней и выше 860 кг/м<sup>3</sup> – тяжёлой.

Температура начала кипения нефти, как правило, от +26°С.

Элементарный состав нефти: углерод (83-87%), водород (12-14%), сера (3-4%), остальное – азот и кислород.

Групповой состав нефти представлен углеводородами: парафиновые (алканы), нафтеновые (цикланы), ароматические (арены). Присутствие углеводородов тех или иных групп по-разному влияет на свойства получаемых топлив и смазочных материалов.

Сырая нефть содержит соли, вызывающие сильную коррозию технологического оборудования. Для их удаления нефть, поступающая из сырьевых емкостей, смешивается с водой, в которой соли растворяются, и поступает на ЭЛОУ – электрообессоливающую установку. Процесс обессоливания осуществляется в *электродегидраторах* – цилиндрических аппаратах с смонтированными внутри электродами. Под воздействием тока высокого напряжения (25 кВ и более), смесь воды и нефти (эмульсия) разрушается, вода собирается внизу аппарата и откачивается. Для более эффективного разрушения эмульсии, в сырьё вводятся специальные вещества – *деэмульгаторы*. Температура процесса – 100-120°С.



Рисунок 1.1 – Схема получения нефтепродуктов из нефти

Прямая перегонка является первичным и обязательным процессом переработки нефти. Практически она осуществляется испарением нефти в трубчатой печи при нагреве до 300...350°С (рисунок 1.2).

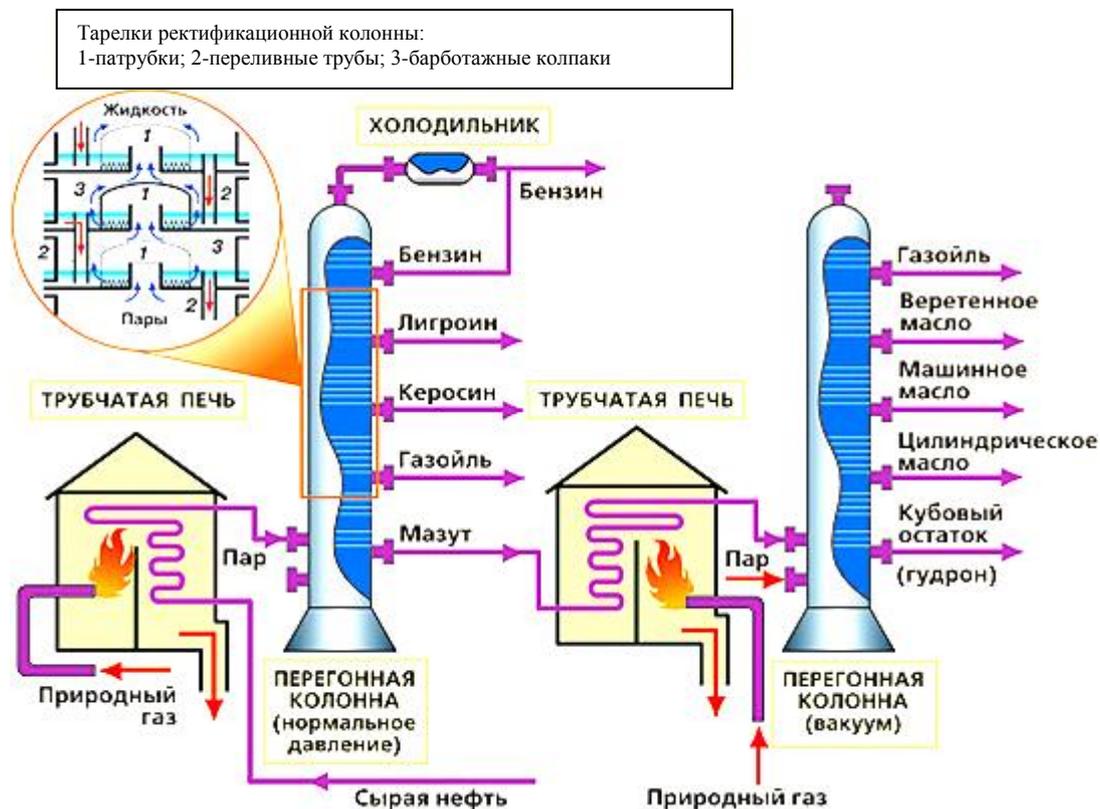


Рисунок 1.2 - Принципиальная схема нефтеперегонной установки (прямая перегонка нефти и переработка мазута)

Принцип действия дистиллятора основан на разных температурах кипения углеводородов с различной молекулярной массой. Вначале закипают и выкипают наиболее лёгкие дистилляты, затем более тяжёлые. Причём при достижении температуры кипения какого-либо углеводорода, рост температуры до его полного выкипания прекращается. Тепло идёт на испарение. Повышение количества подводимого тепла вызывает более бурное кипение.

При температуре от  $30^{\circ}\text{C}$  до  $200^{\circ}\text{C}$  отбирается бензиновая фракция (группа дистиллятов), от  $200^{\circ}\text{C}$  до  $300^{\circ}\text{C}$  – дизельная. Остаток после перегонки – мазут (около 80%) подается в дистилляционную колонну, в которой поддерживают разрежение. При пониженном давлении температура кипения понижается, что упрощает технологический процесс.

Прямая перегонка нефти при атмосферном и пониженном давлении называется атмосферно-вакуумной перегонкой.

В результате вакуум-перегонки получают соляровые фракции и полугудрон.

Соляровый дистиллят (температура кипения  $280...300^{\circ}\text{C}$ ) является сырьём для получения химическим способом бензинов, а также дистиллятных масел: промышленных, цилиндрических, моторных и т. д.

Затем нефть подаётся в среднюю часть ректификационной колонны. Жидкий остаток стекает вниз, а углеводородные пары поднимаются вверх и конденсируются на ректификационных тарелках. Эти тарелки установлены по высоте колонны. На нижних конденсируются тяжёлые углеводороды, более лёгкие – на последующих, выше. Газообразные углеводороды отводятся из верха колонны.

В атмосферной ректификационной колонне получают топливные дистилляты. После перегонки остаётся мазут, который может подвергаться дальнейшему разделению, либо использоваться для вторичной переработки. Испарение мазутов осуществ-

ляют в вакуумных трубчатых установках, а их разделение – в вакуумных ректификационных колоннах. В верхней части вакуумной колонны конденсируются соляровые фракции, ниже – масляные, идущие на приготовление товарных масел. Жидкий остаток наиболее тяжёлых фракций мазута – полугудрон или гудрон – собирается в нижней части вакуумной колонны.

## 1.1 Вторичная переработка нефти

При деструктивной (вторичной, химической) переработке дистиллятов, полученных атмосферно-вакуумной перегонкой, применяют методы химической переработки тяжёлых нефтепродуктов.

Тяжёлые углеводороды при изменении трёх основных составляющих процесса (температуры, давления и катализаторов) расщепляются на более лёгкие, в том числе и бензиновые фракции.

- ✓ Термический крекинг (деструктивная переработка нефтяного сырья).

Сырьем для получения автомобильного бензина термическим крекингом являются мазут и керосиногазойлевые фракции прямой перегонки. Условия проведения – температура 470-540°C, давление от 2 до 7 МПа. При крекинге мазута получают 25-30% бензина, при крекинге газойля – 60%. Крекинг-бензин характеризуется низкой химической стабильностью и низким октановым числом (66-68 по моторному методу).

- ✓ Коксование нефтяных остатков (процесс получения дистиллята широкого фракционного состава и нефтяного кокса).

Сырье – мазут, полугудрон, гудрон. Условия проведения – нагрев нефтяных остатков без доступа воздуха до 505-515°C и давления 0,2-0,3 МПа. Бензин, полученный коксованием, отличается низким октановым числом (60-67 по моторному методу) и высоким содержанием серы (1-2%).

- ✓ Каталитический крекинг (деструктивная переработка нефтяного сырья).

В качестве сырья используется газойлевая и соляровая фракция прямой перегонки нефти, соляровый дистиллят вакуумной перегонки мазута. Условия проведения – температура 450-525°C, давление 0,06-0,14 МПа, в присутствии алюмосиликатного катализатора. Бензин имеет хорошую химическую стабильность, высокое октановое число (78-85 по моторному методу). Возможно получение бензинов с более высоким октановым числом – до 98, но необходимо использовать более дорогие катализаторы – алюмомолибденовые или алюмоплатиновые. Давление переработки - 3 МПа.

При термическом крекинге образуется много ненасыщенных углеводородов – олефинов. Эти бензины имеют низкую химическую стабильность и невысокую детонационную стойкость. Этот процесс в настоящее время не применяют.

- ✓ Каталитический риформинг.

Сырьем служит бензиновая фракция первичной перегонки нефти, выкипающая в пределах 85-180°C. Условия проведения – температура 480-540°C, давление 2-4 МПа в среде водородосодержащего газа, катализатор – молибденовый или платиновый. Бензин имеет высокое октановое число – 85 по моторному и 95 - по исследовательскому методу, хорошую химическую стабильность.

- ✓ Гидрокрекинг (процесс переработки нефтепродуктов, сочетающий крекирование и гидрирование нефтяного сырья).

Сырьем служат газойль и нефтяные остатки прямой перегонки нефти. Условия проведения – давление водорода 15-20 МПа, температура – 370-450°C, катализатор –

молибденовые соединения. Бензин имеет высокое октановое число (85-88 по исследовательскому методу).

- ✓ Синтезирование побочных газообразных продуктов крекинга и коксования проводят с целью получения высокоактивных компонентов –изооктана, алкилата, алкилбензола, метилтретичнобутилового эфира и других нефтепродуктов, используемых в качестве добавок для улучшения качества бензинов.
- ✓ Посредством риформинга (платформинга) получают из бензиновых и лигроиновых фракций перегонки нефти высокооктановые автомобильные бензины, ароматические углеводороды (сырье для синтеза каучука, полиэфирных волокон, смол и др. соединений) и технический водород. Этот высокопроизводительный способ обеспечивает получение бензина с октановым числом 95-98, не прибегая к этилированию (добавлению антидетонатора - токсичного тетраэтилсвинца). Изамеризация пентан-гексановых фракций позволяет добиться соответствия возросшим экологическим требованиям по содержанию бензола и суммарной ароматики в товарных бензинах (с 2005 г. регламентируется содержание ароматики не выше 30% и бензола не более 1%). Палладий является наиболее активным катализатором гидрогенизации непредельных углеводородов, образующихся в ходе термической нефтепереработки. При использовании полученного таким образом топлива в трактах двигателя не осаждаются смолы и предотвращается в значительной мере возникновение канцерогенных примесей в выхлопных газах.

## 1.2 Получение жидких топлив

Горючее для современных двигателей – бензин и дизельное топливо – представляет собой *смесь* различных углеводородов и добавляемых веществ – *присадок*, значительно повышающих их качество. Именно смесь различных веществ может обеспечить легкий запуск и бесперебойную, экономичную работу мощных и высокооборотных современных двигателей на всех режимах.

Получаемые компоненты топлив содержат различные нежелательные примеси, от которых необходимо избавиться. Поэтому все получаемые нефтепродукты подвергаются очистке.

Очистка является заключительной стадией подготовки базовых продуктов. Их необходимо очистить от избытка сернистых соединений, органических кислот, смолисто-асфальтеновых веществ и застывающих при высоких температурах парафиновых и некоторых других циклических углеводородов.

*Гидроочистка* применяется для удаления сернистых, азотистых, кислородных, металло-органических и непредельных соединений. В процессе гидроочистки соединения, содержащие серу, азот или кислород при реакции с водородом переводят в газообразные, легко удаляемые продукты. Гидроочистку проводят при температуре 300...430°C и давлении 5–7 МПа в присутствии водорода и катализатора. Гидроочистку применяют для обессеривания дизельных топлив, а также при подготовке сырья для некоторых вторичных процессов переработки нефти.

Карбоновые кислоты нейтрализуют щёлочью с последующей промывкой водой для удаления солей и сушкой для удаления остатков воды.

Смолы удаляют обработкой серной кислотой, а затем последовательно промывают щелочным раствором и чистой водой, после чего производят сушку.

Застывающие при сравнительно высоких температурах парафины и нафтены удаляют, используя различные методы *депарафинизации*. При производстве дизельных топлив зимних марок распространение получила карбамидная депарафинизация. Топливо смешивают с карбамидом (мочевиной)  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ . В результате реакции с парафинами образуются нормального строения кристаллические комплексы, выпадающие в осадок. После фильтрации дизельное топливо может сохранять текучесть даже до минус  $60^\circ\text{C}$ . Фильтрацию производят на специальных фильтрах – прессах.

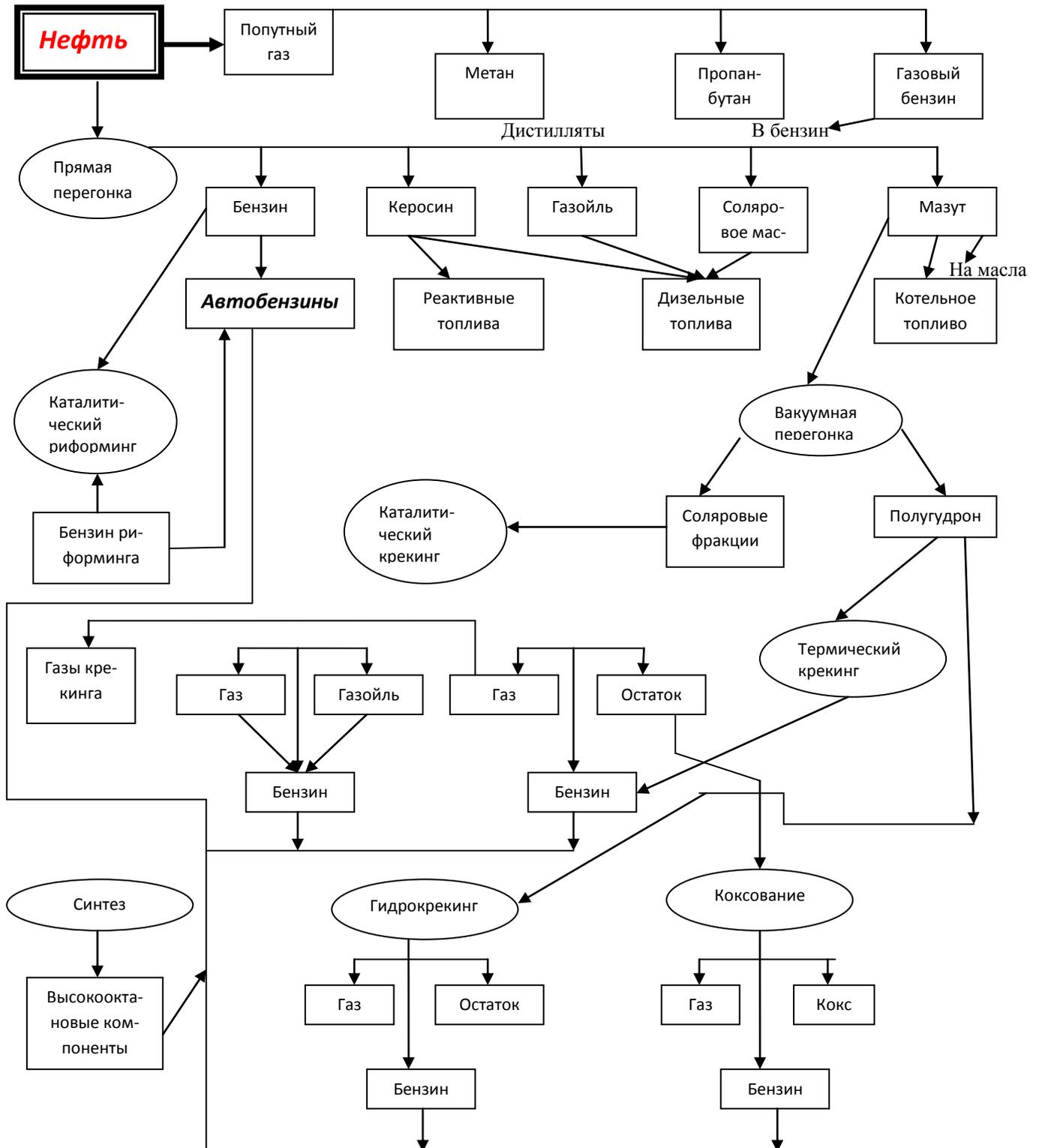


Рисунок 1.3 – Схема перегонки нефти

### 1.3 Получение моторных масел

Смазочные, моторные и трансмиссионные масла получают из той части нефти, которая остается после отгонки топливных фракций. Эта часть нефти называется мазутом.

Если нагревать мазут при атмосферном давлении, то многие индивидуальные углеводороды начинают разлагаться при более низкой температуре, чем их температура кипения. При понижении давления понижается температура кипения, что позволяет выделить нужные фракции. Процесс этот называется вакуумной разгонкой. Для его реализации сооружаются специальные установки, позволяющие из мазута получать различные по вязкости масла. Особенно четко удается произвести разгонку в установках с двукратным испарением, применяемым в современных нефтеперерабатывающих комплексах. Эти масла называют дистиллятными маслами. Их получение предусматривает перегонку или испарение с последующей конденсацией отдельных фракций жидкостей или их смесей (в данном случае нефти или отдельных ее фракций).

В результате вакуумной перегонки получают базовые дистиллятные масла, а оставшиеся продукты (полугудрон и гудрон) используют для получения остаточных масел. Характерной особенностью дистиллятных масел являются их хорошие вязкостно-температурные свойства и высокая термоокислительная стабильность. Но в этих маслах мало соединений, обладающих высокой маслянистостью, т. е. прочностью масляной пленки.

Остаточные масла, наоборот, обладают высокой естественной маслянистостью, но плохими низкотемпературными и вязкостно-температурными свойствами. Высокая маслянистость остаточных масел связана с находящимися в них продуктами окислительной полимеризации (нефтяными смолами).

Существуют две схемы переработки мазута - топливная и масляная. При топливной получают только одну фракцию (350—500<sup>0</sup>С), используемую обычно как базовый продукт для каталитического крекинга или гидрокрекинга. При масляной переработке - три фракции: легкие дистиллятные масла (выкипающие при 300—400<sup>0</sup>С), средние дистиллятные масла (выкипающие при 400—450<sup>0</sup>С) и тяжелые дистиллятные масла (выкипающие при 450—500<sup>0</sup>С).

Для получения товарных марок, масла подвергают сложным технологическим операциям. Для удаления нежелательных примесей масло очищают. Из него удаляют продукты окислительной полимеризации, органические кислоты, нестабильные углеводороды, серу и ее соединения. Для улучшения низкотемпературных свойств масла подвергают депарафинизации и деасфальтизации. Очищенные продукты при необходимости смешивают для получения нужного уровня вязкости. Дистиллятные масла используют для приготовления масел, от которых не требуется особо высокой естественной прочности масляной пленки. Остаточные - для масел, высокая маслянистость которых имеет особое значение. Например, для дизельных масел обычно смешивают дистиллятные и остаточные масла в необходимой пропорции.

Продуктами вакуумной перегонки мазута (при 420-430<sup>0</sup>С) являются: вакуум-соляр (самые легкие фракции), дистилляты легких и средних промышленных масел, тяжелые дистилляты моторных масел (около 50%), полугудрон. Неотгоняемый остаток - гудрон. Масла повышенной вязкости получают из полугудрона (остаточные масла).

Депарафинизация растворителем - метод удаления парафинов, которые повышают температуру застывания масел. Масло смешивается со смесью двух растворителей - метилэтилкетона и толуола или другими. Полученный раствор масла охлаждается до - 6 - 12°С. При такой температуре кристаллы парафина выпадают в осадок и отделяются фильтрованием, а растворитель отгоняется от масла и получается депарафинизованное масло с улучшенными свойствами: с более низкой температурой застывания, повышенным индексом вязкости, улучшенной текучестью при низкой температуре.

Деасфальтизация масел: остаточные масла производят из гудронов и полугудронов. Эти фракции содержат до 50% смол и асфальтенов, подлежащих удалению. Сложный состав смолисто-асфальтеновых соединений затрудняет подбор для них избирательных растворителей. Поэтому более целесообразно подбирать растворитель для ценных УВ масла. Смолисто-асфальтеновые вещества практически не будут растворяться в нем и выпадут в осадок. В качестве растворителя обычно применяют жидкий пропан. Температура процесса – область температур, в которой смолы легко отделяются от раствора УВ масла в пропане, лежит в пределах 50-85°С. Верхний предел температур ограничен критической температурой сжижения пропана 96,8°С. Чем ближе температура процесса к критической температуре, тем меньше растворяющая способность жидкого пропана и тем хуже растворяются в нем УВ масла, частично осаждаясь вместе со смолами. Выход масла вследствие этого снижается.

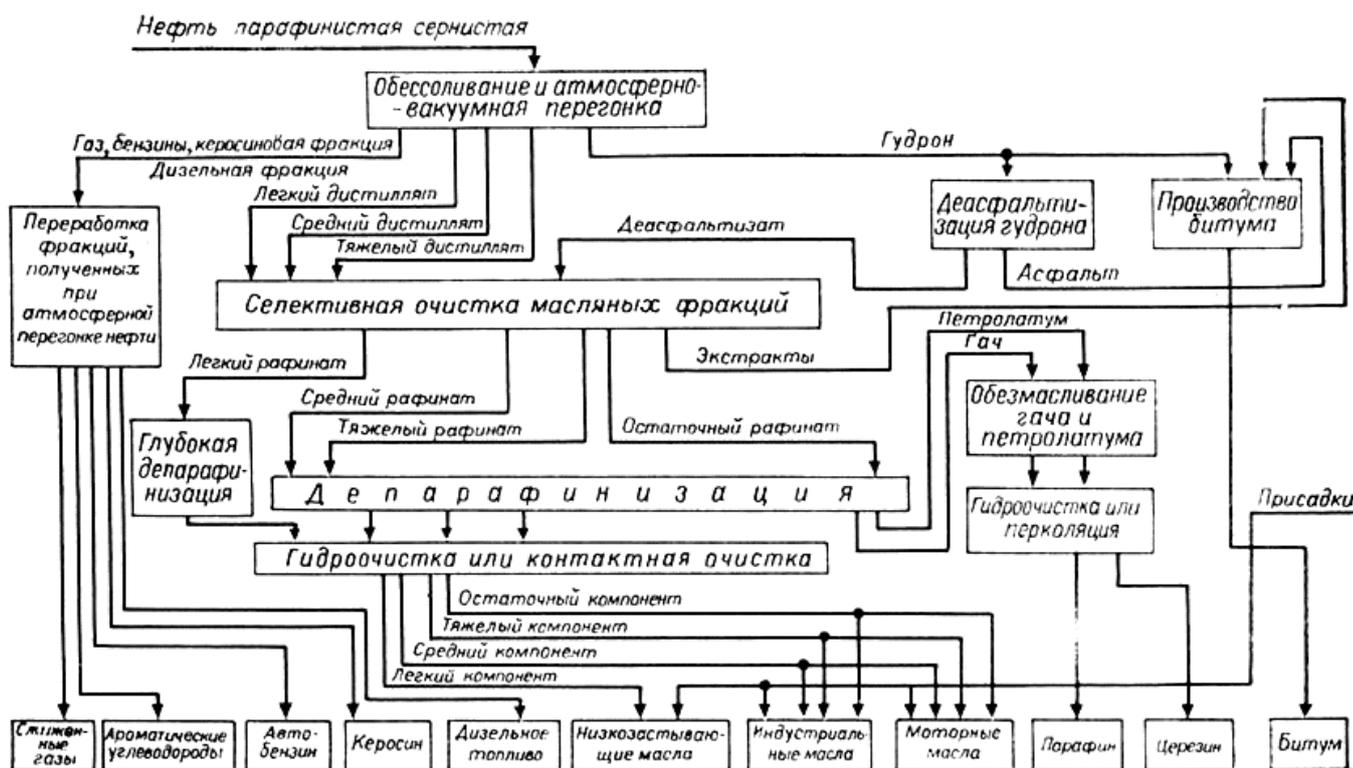


Рисунок 1.4 - Переработка нефти по топливно-масляному варианту

## 1.4 Получение пластичных смазок

Большинство смазок содержит в своем составе дисперсионную среду - 80-90% нефтяных (минеральных) или синтетических масел, в которые для придания им

пластичности вводится 10-20% различных видов загустителя (thickeners). В этой системе твердая фаза (загуститель) образует структурный каркас, который удерживает в своих ячейках жидкую дисперсионную среду.

В качестве загустителей наибольшее распространение получили мыла (соли высших жирных кислот металлов – лития, кальция, натрия и др.), твердые углеводороды (парафин, цизерин и их смеси и др.), органические загустители (аммелин и др.), неорганические загустители (слюда, асбест, тальк и др.). Кроме этого, в состав смазок входят модификаторы структуры и добавки - присадки, наполнители (графит и др.), стабилизаторы для сохранения однородности смазки и другие вещества.

Вся специфика свойств смазок связана с тем, что загуститель, будучи равномерно распределенным в жидком масле, образует ажурный кристаллический каркас (структуру), пронизывающий весь объем масла и сообщающей смазке необходимую пластичность.

Пластичные смазки не стекают с наклонных и вертикальных поверхностей и удерживаются в узлах трения при действии высоких нагрузок и инерционных сил.

Пластичные смазки нашли широкое применение в качестве защитных, герметизирующих, антифрикционных и противоизносных материалов.

Производство пластичных смазок в основном сводится к смешиванию (варке) в определенных пропорциях входящих в них компонентов.

При производстве смазок для получения необходимой структуры тщательно выдерживаются технологические режимы: порядок, температура и продолжительность смешения компонентов, охлаждение и гомогенизацию смеси, введение присадок и наполнителей. Для получения смазок могут использоваться готовые загустители. Такие загустители, как мыла и полимочевины, могут также приготавливаться *in situ*, то есть в процессе приготовления самой смазки путем смешивания реагентов в дисперсионной среде.

## 2 Автомобильные топлива

### 2.1 Общие свойства автомобильных топлив

Все топлива нефтяного происхождения (в том числе моторные и трансмиссионные масла) имеют сложный химический состав и состоят из 4-х групп углеводородов:

- *Нормальные парафиновые углеводороды (алканы)* очень неустойчивы к повышенным температурам, легко окисляются и вызывают взрывное сгорание (детонацию). Их присутствие в бензинах нежелательно. Изомеры (изооктан), напротив, имеют высокую детонационную стойкость. Для высокооборотных дизелей эти свойства обеспечивают оптимальный режим работы, однако их содержание в дизельных топливах ограничивают вследствие высокой температуры застывания.

- *Нафтенновые углеводороды (цикланы)* – обладают меньшей теплотой сгорания (по сравнению с парафиновыми) и занимают основное положение в зимних сортах дизельных топлив (имеют низкую температуру застывания). Хорошая химическая стабильность. Являются основной частью (до 70%) состава моторных масел, в бензинах их содержание колеблется в пределах от 20 до 70%. Имеют высокую детонационную стойкость, их присутствие желательно в автомобильных бензинах.

- *Ароматические углеводороды (арены)* – являются желательными составляющими в топливах для бензиновых ДВС (40-45%), т.к. у них самые высокие октановые числа из всех углеводородов, высокая химическая стабильность. Присутствие их в дизельных топливах и маслах нежелательно (в топливах – трудно окисляются, вызывают жесткую работу дизеля; в маслах – приводят к повышенному нагарообразованию), агрессивны по отношению к резиновым изделиям и имеют низкую теплоту сгорания.

- *Непредельные углеводороды (алкины)* – имеют низкую химическую стойкость и снижают химическую стабильность (неизменность состава) нефтепродуктов, осмоляются при хранении, загрязняют проходные сечения жиклеров карбюраторов и впускной трубопровод.

Чем выше температура и больше концентрация кислорода (летом в незначительно заполненных топливных баках), тем быстрее и интенсивнее протекают реакции окисления.

Поэтому присутствие непредельных углеводородов нежелательно во всех нефтепродуктах.

По содержанию *серы* нефти разделяют на малосернистые – до 0,5%, сернистые 0,5–2,0% и высокосернистые – более 2%. Сера присутствует в нефти и нефтепродуктах в свободном состоянии и в виде химических соединений.

Элементарная сера, находясь в растворённом или взвешенном состоянии, способна вызывать сильную коррозию металлов даже при низких температурах.

Присутствие сернистых соединений в топливах снижают мощность ДВС и увеличивают расход топлива, наносится вред окружающей среде, т.к. при сгорании в ДВС выделяются окислы серы, губительно действующие на растения и человеческий организм:

--- активные сернистые соединения (сера элементарная S, сероводород H<sub>2</sub>S) корродируют металлы, образуют коррозионные агенты – сернистую и серную кислоты;

--- неактивные сернистые соединения (сульфиды и дисульфиды) также вызывают коррозию металлов и образуют при сгорании нагарообразные твердые и плотные соединения (на днище поршня, тарелках клапанов и т.д.).

Неактивные сернистые соединения (в основном сульфиды углеводородов) при нормальных условиях металлы не корродируют. Но при полном сгорании в двигателе они образуют сернистый  $\text{SO}_2$  и серный  $\text{SO}_3$  ангидриды. При взаимодействии с водой получаются сернистые и серные кислоты, чрезвычайно агрессивные. Кислоты воздействуют на конструкционные материалы двигателя, а попадая в атмосферу, образуют мельчайшие капельки, которые переносятся ветром на большие расстояния, вызывая кислотные дожди.

*Смолисто-асфальтовые вещества* содержатся как в нефти, так и в нефтепродуктах, особенно тяжёлых. Они вызывают отложения в системе смазки, лако- и нагарообразование.

Кислородные соединения топлив представлены кислотами, фенолами, эфирами и т.д. Самое большое их количество находится в нафтеновых углеводородах.

Органические кислоты присутствуют во всех топливах и смазочных материалах, вызывают сильную коррозию цветных металлов (свинец, цинк и др.) и слабо - черных (сталь, чугун).

Другие соединения имеются в нефти в весьма незначительных количествах и заметного влияния на свойства топлив и смазочных материалов не оказывают.

## 2.2 Сгорание топлива в двигателе

Под "сгоранием" применительно к автомобильным двигателям понимают быструю реакцию взаимодействия углеводородов и содержащихся в топливе соединений с кислородом воздуха, сопровождающуюся свечением и выделением значительного количества тепла. При этом образуется вспышка, молекулярные связи разрываются, накопившаяся энергия выделяется в виде теплоты. При сгорании 1 кг топлива выделяется следующее количество теплоты (Дж/кг): бензин –  $44 \cdot 10^6$ , дизельное топливо –  $42 \cdot 10^6$ , метан –  $33,8 \cdot 10^6$ . Конечная реакция сгорания водорода и углерода в результате окисления кислородом протекает таким образом по формуле (2.1)



*Горение* – сложный процесс. Факел горящих углеводородов напоминает своеобразный организм, живущий до тех пор, пока в его огненной оболочке, в которую поступает газифицированное топливо и кислород воздуха, происходит правильный обмен веществ. Даже простейшие газообразные (метан, этилен, пары бензина) сами по себе не «горючи», пока не будут преобразованы до простейших составляющих в виде молекул  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$ . При окислении (горении) углеводородная молекула «опускается» на более низкие энергетические уровни и достигает нулевого уровня, когда полностью «разваливается» на углекислый газ  $\text{CO}_2$  и воду  $\text{H}_2\text{O}$ .

На процесс сгорания в значительной степени влияет количество подаваемого воздуха.

Количество воздуха  $L_0$  в горючей смеси, теоретически необходимое для полного сгорания 1 кг топлива, называют стехиометрическим. Отношение действительного

количества  $L$  воздуха к стехиометрическому называют коэффициентом избытка воздуха, определяется по формуле (2.2)

$$\alpha = \frac{L}{L_0} = 1 \quad (2.2)$$

Как недостаток ( $\alpha < 1$ , богатая смесь), так и избыток ( $\alpha > 1$ , бедная смесь) воздуха приводит к уменьшению скорости горения и снижению эффективности тепловых процессов. Обогащение топливо-воздушной смеси, помимо этого, приводит к повышению токсичности отработавших газов двигателя.

Одной из важнейших характеристик топлива является теплота его сгорания. *Теплота сгорания* (теплотворность, теплотворная способность) - количество тепла, которое выделяется при полном сгорании единицы массы или объема топлива.

Различают высшую и низшую теплоту сгорания. За высшую теплоту сгорания  $H_V$  принимают всё тепло, выделившееся при сгорании 1 кг топлива, включая количество тепла, которое выделяется при конденсации паров воды. При определении низшей теплоты сгорания  $H_N$  тепло, выделяющееся при конденсации паров воды из продуктов сгорания, не учитывается. Оценивая теплоту сгорания топлива, обычно пользуются значениями низшей теплоты сгорания.

Теплота сгорания топлива влияет на топливную экономичность: чем она выше, тем меньше топлива содержится в 1 м<sup>3</sup> смеси, так как с увеличением теплоты сгорания топлива возрастает количество воздуха, теоретически необходимого для его полного сгорания.

Структуру процесса сгорания топлива можно представить, как две фазы: Образование очага горения (участок А-В) и образование пламени (участок В-С).

1- первая фаза - период скрытого сгорания или период задержки воспламенения характеризуется более интенсивной подготовкой рабочей смеси к сгоранию, чем в период сжатия.

2 – вторая фаза - непосредственное сгорание (сопровождается более быстрым, чем при чистом сжатии, повышением давления) продолжается до максимального подъема давления и обычно заканчивается спустя несколько градусов после верхней мёртвой точки.

За точкой С происходит плавное догорание после прохождения фронта пламени.

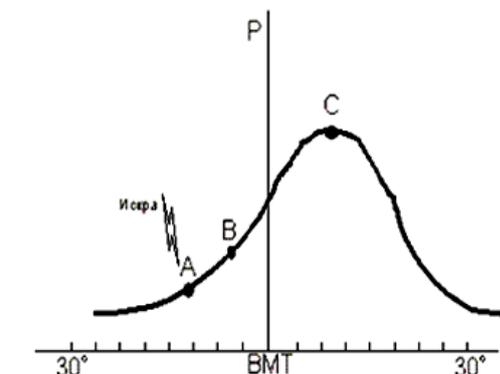


Рисунок 2.1 – График сгорания топлива

Скорость сгорания при нормальном развитии процесса зависит от следующих основных факторов:

- химического состава топлива;
- количества топлива;
- соотношения количества топлива и воздуха;
- количества остаточных газов в цилиндре двигателя;
- температуры рабочей смеси в момент подачи искры;
- давления рабочей смеси в момент подачи искры;
- конструкции камеры сгорания;
- степени сжатия;
- частоты вращения коленчатого вала.

При нормальном сгорании процесс проходит плавно с почти полным протеканием реакций окисления топлива и средней скоростью распространения пламени 10 - 40 м/с.

### 2.3 Автомобильные бензины

По составу автомобильные бензины представляют собой смесь компонентов, получаемых в результате различных технологических процессов: прямой перегонки нефти, каталитического риформинга, каталитического крекинга и гидрокрекинга вакуумного газойля, изомеризации прямогонных фракций, алкилирования, ароматизации термического крекинга, висбрекинга, замедленного коксования. Компонентный состав бензина зависит, в основном, от его марки и определяется набором технологических установок на нефтеперерабатывающем заводе.

Базовым компонентом для выработки автомобильных бензинов являются обычно бензины каталитического риформинга или каталитического крекинга. Бензины каталитического риформинга характеризуются низким содержанием серы, в их составе практически отсутствуют олефины, поэтому они высокостабильны при хранении. Однако повышенное содержание в них ароматических углеводородов с экологической точки зрения является лимитирующим фактором. К их недостаткам также относится неравномерность распределения детонационной стойкости по фракциям. В составе бензинового фонда России доля компонента каталитического риформинга превышает 50 %.

Автомобильный бензин – нефтяная фракция, основу которой составляют углеводороды с температурами кипения в пределах от 30<sup>0</sup>С до 200<sup>0</sup>С. Бензин - прозрачная, бесцветная маловязкая жидкость. Его окраска зависит от содержащихся в нем смол и меняется от светло-желтого до желтого. Время на образование горючей смеси в двигателе с искровым зажиганием – 0,01-0,02 с. Основные свойства автомобильных бензинов:

1) *Плотность бензина* (предельная - 690÷750 кг/м<sup>3</sup>, при +20<sup>0</sup>С), определяется ареометром, гидростатическими весами или пикнометром; влияет на расход топлива через калиброванные отверстия жиклеров карбюратора, на уровень топлива в поплавковой камере. Пониженная плотность повышает уровень топлива в поплавковой камере карбюратора и самопроизвольно топливо вытекает из распылителя.

2) *Вязкость бензина* (динамическая и кинематическая) определяется капиллярным или ротационным вискозиметром; предельная - 0,5÷0,6 Сст (мм<sup>2</sup>/с) при +20<sup>0</sup>С (для примера: вязкость воды = 1 сСт). При снижении температуры бензина возрастает

его вязкость, что приводит к уменьшению его расхода (при изменении температуры от 40<sup>0</sup>С до -40<sup>0</sup>С снижается его расход на 20-30%); вязкость существенно влияет на процесс смесеобразования (чем выше, тем хуже смесеобразование, идет недопустимое обеднение горючей смеси).

3) *Поверхностное натяжение* (20 – 24 мН/м, при +20<sup>0</sup>С);

влияет на степень распыливания бензина (чем меньше его величина, тем меньших размеров получаются капли бензина, тем лучше процесс смесеобразования).

4) *Фракционный состав* (определяется на стандартном аппарате для разгонки нефтепродуктов), при котором фиксируются температуры начала кипения бензина, температуры выкипания 10, 50, 90% топлива и конца кипения. Фракционный состав наиболее полно характеризует испаряемость топлива, показывает зависимость между температурой и количеством фракций, выкипающих при этой температуре.

- ✓ легкие фракции бензина (интервал начала кипения и выкипания 10% топлива) определяют пусковые свойства топлива. Чем ниже эти температуры, тем лучше запуск ДВС, но при этом при низкой температуре в летний период на прогревом ДВС образуются паровые пробки; при высоких температурах затрудняется пуск холодного ДВС, т.к. горючая смесь обедняется;
- ✓ температура перегонки 50% топлива характеризует приемистость ДВС (возможность быстрого перехода с одного режима на другой) и продолжительность прогрева ДВС (переход с холостого хода на рабочий режим). Чем ниже эта температура, тем однороднее состав рабочей смеси, тем устойчивее работает ДВС и тем лучше приемистость ДВС. При высокой температуре перегонки 50%, испарение бензина происходит медленно, топливная смесь обедненная.
- ✓ температуры перегонки 90% и конца разгонки топлива характеризуют наличие в нем тяжелых углеводородов, влияющих на процесс смесеобразования и образования нагара в ДВС. Чем ниже эти температуры и чем меньше интервал между этими температурами, тем выше качество топлива, выше его экономичность, тем полнее испаряется и сгорает бензин, тем ниже темп изнашивания деталей и узлов ДВС. Чем выше – тем больше вероятность неполного испарения и сгорания порций бензина в цилиндрах ДВС.
- ✓ при высокой температуре конца разгонки бензина идет повышенный износ цилиндров и поршневой группы ДВС, разжижается моторное масло в камере, рабочая смесь неравномерно распределяется по цилиндрам.

Возможность пуска холодного двигателя при данных температурах окружающего воздуха, начала кипения и выкипания 10% фракций определяют по эмпирической формуле (2.3)

$$t_{\text{воздуха}} = 0,5 \times t_{10\%} - 50,5 + \frac{(t_{\text{н.к.}} - 50)}{3}, \quad (2.3)$$

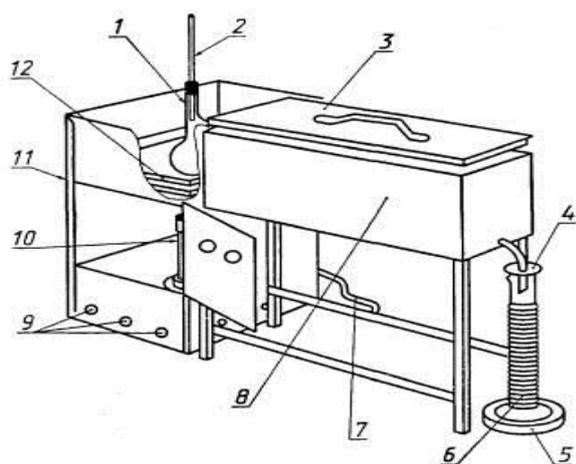
где  $t_{10\%}$  - температура перегонки 10% топлива, <sup>0</sup>С;  
 $t_{\text{н.к.}}$  - температура начала кипения, <sup>0</sup>С.

При пуске холодного двигателя частота вращения коленчатого вала, как правило, незначительна и колеблется от 40–50 мин<sup>-1</sup> (вручную) до 100–150 мин<sup>-1</sup> (от стартера). Скорость воздушного потока в диффузоре карбюратора всего 3–4 м/с. Образующиеся

капельки бензина велики, площадь, а следовательно, и интенсивность испарения малы. Смесь оказывается переобеднённой ( $\alpha = 1,8 - 2,5$ ), тогда как в пересчёте на всё расходуемое при этом количество бензина  $\alpha = 0,8 - 0,9$ . Для устранения этого явления горючую смесь искусственно обогащают до  $\alpha = 0,8 - 1,0$  за счёт прикрытия воздушной заслонки карбюратора при открытых жиклёрах. Работают почти все системы карбюратора. При этом в пересчёте на всё поданное горючее коэффициент избытка воздуха составляет 0,1–0,2, а в цилиндры попадает в испарившемся виде лишь около 10% бензина при температуре 0°C. Поэтому во избежание переобогащения смеси по мере прогрева двигателя воздушную заслонку карбюратора приоткрывают до полного открытия при полностью прогревом двигателя. Чем ниже температуры начала кипения ( $t_{\text{нк}}$ ) и выкипания 10% фракции ( $t_{10\%}$ ), тем легче пустить холодный двигатель.

Зависимость между температурой перегонки 10% бензина и его пусковыми свойствами выражается графически (рисунок 6).

Температура начала кипения летнего бензина нормируется стандартом в 35°C, зимнего не нормируется, а выкипание 10% бензина должно происходить при температурах 55°C у зимнего и 70°C у летнего. Как уже отмечалось, чем ниже эти значения, тем легче пустить холодный двигатель. Но при значениях, ниже указанных, возможно образование паровых и паровоздушных пробок в топливной системе.



- 1-колба для перегонки; 2-термометр;
- 3-крышка бани; 4-фильтровальная бумага;
- 5-подставка; 6-мерный цилиндр;
- 7-газопровод; 8-охлаждающая баня;
- 9-вентиляционные отверстия;
- 10-горелка; 11-кожух; 12-асбестовая прокладка

Рисунок 2.2 – Прибор для определения фракционного состава автомобильного топлива

5) *Давление насыщенных паров* (упругость паров бензина) – это максимальная концентрация паров топлива в воздухе, при которой устанавливается равновесие между паром и жидкостью. Верхние пределы давления паров: до 670 гПа для летнего бензина и от 670 до 930 гПа для зимнего сорта бензина. Упругость паров определяется на стандартной установке – «бомбе Рейда», при температуре 38°C. Бензины с высокой упругостью паров склонны к повышенному образованию паровых пробок в топливной системе (бензин испаряется до смесительной камеры карбюратора) и снижают наполнение цилиндров горючей смесью, ведут к падению мощности ДВС и даже к его остановке;

6) *Детонационная стойкость бензина* зависит от его химического состава и оценивается октановым числом, которое определяется моторным (на одноцилиндровой установке ИТ9-2М или УИТ-65 в режиме работы грузового автомобиля) и исследовательским (на установке ИТ9-6 в режиме работы легкового автомобиля при его движении в условиях города) методами.

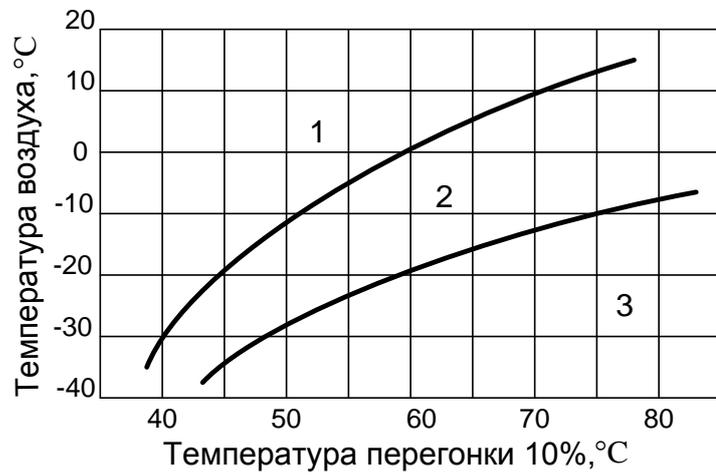
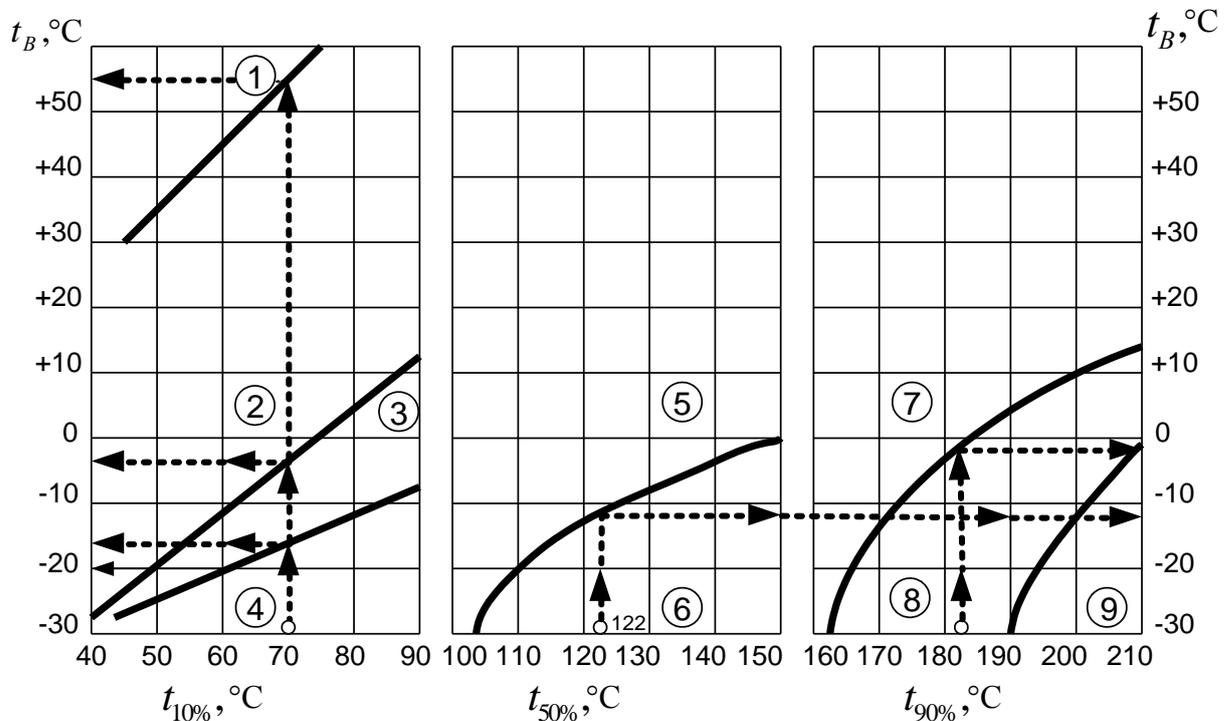


Рисунок 2.3 - Зависимость между температурой перегонки 10% бензина и его пусковыми свойствами:  
 1 – легкий пуск двигателя; 2 – затруднённый пуск; 3 – пуск практически невозможен.



Области: 1 – возможного образования паровых пробок; 2 – легкого пуска двигателя; 3 – затруднённого пуска двигателя; 4 – практически невозможного пуска холодного двигателя; 5 – быстрого прогрева и хорошей приемистости; 6 – медленного прогрева и плохой приемистости; 7 – незначительного разжижения масла в картере; 8 – заметного разжижения масла в картере; 9 – интенсивного разжижения масла в картере.

Рисунок 2.4 - Номограмма для эксплуатационной оценки бензинов по данным их разгонки

Лучшими антидетонационными качествами обладают бензины облегченного фракционного состава. Октановые числа одного и того же бензина, определённые моторным и исследовательским методом, различаются между собой. Например, для

бензина АИ-95 с октановым числом по исследовательскому методу 95 единиц, детонационная стойкость, определённая по моторному методу, будет равна 85 единицам. Разность между октановыми числами, определёнными по исследовательскому и моторному методам называется чувствительностью бензина.

Установлена примерная зависимость между требуемым октановым числом (ОЧИ), степенью сжатия и диаметром цилиндра двигателя по формуле (2.4)

$$\text{ОЧИ} = 125,4 - \frac{413}{\varepsilon} + 0,183 \times \text{Д}, \quad (2.4)$$

где ОЧИ – октановое число по исследовательскому методу;

$\varepsilon$  – степень сжатия;

Д – диаметр цилиндра двигателя в миллиметрах.

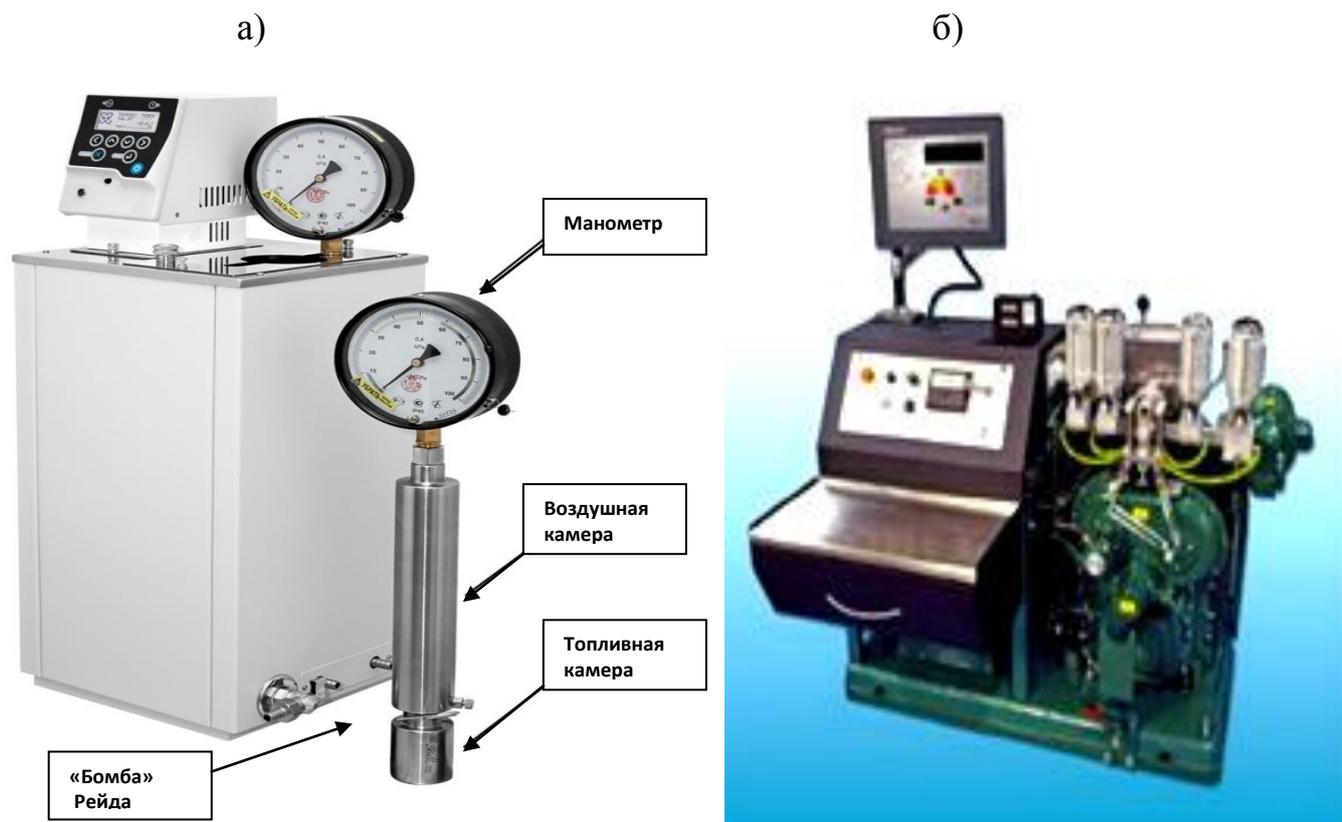
- октановым числом называется процентное содержание изооктана в смеси, состоящей из изооктана (ОЧ=100) и нормального гептана (ОЧ=0), которая по своей детонационной стойкости равноценна испытываемому топливу. Показатель октанового числа входит в маркировку бензина (А-80, АИ-98 и т.д.). Октановое число повышают путем добавления в бензин высокооктановых компонентов или присадок-антидетонаторов. Снижение октанового числа может привести к появлению детонационных эффектов в ДВС.

Октановое число определяется на специальных установках путём сравнения характеристик горения испытываемого топлива и эталонных смесей изооктана с н-гептаном. Испытания проводят в двух режимах: жёстком (частота вращения коленчатого вала 900 об/мин, температура всасываемой смеси 149<sup>0</sup>С, переменный угол опережения зажигания) и мягком (600 об/мин, температура всасываемого воздуха 52<sup>0</sup>С, угол опережения зажигания 13 град.). Получают соответственно моторное (ОЧМ) и исследовательское ОЧ (ОЧИ). Разности между ОЧМ и ОЧИ называется чувствительностью и характеризует степень пригодности бензина к разным условиям работы двигателя. Среднее арифметическое между ОЧМ и ОЧИ называют октановым индексом и приравнивают к дорожному октановому числу, которое нормируется стандартами некоторых стран (например, США) и указывается на бензоколонках как характеристика продаваемого топлива.

При производстве бензинов смешением фракций различных процессов важное значение имеют так называемые октановое число смешения (ОЧС), которые отличаются от расчётных значений. ОЧС зависят от природы нефтепродукта, его содержания в смеси и ряда других факторов. У парафиновых углеводородов ОЧС выше действительных на 4 пункта, у ароматических зависимость более сложная. Различие может быть существенным и превышать 20 пунктов. Октановое число смешения важно также учитывать при добавлении в топливо оксигенатов.

---антидетонаторы – тетраэтилсвинец ( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{P}_5)_4$ )- тяжелая бесцветная маслянистая ядовитая жидкость, входит в состав этиловой жидкости (повышает ОЧ на 7-15 ед.); нетоксичные соединения марганца, вещества, содержащие железо, эфиры (метил-третично-бутиловый эфир МТБЭ), вещество ДАККС, спирты (этанол и метанол), смеси третметилтретичнобутилового эфира и третбутанола – высокооктановой добавки «Фэтерол» (ОЧ «Фэтерола» 115) и др. Их добавляют в бензины в небольших количествах, начинают свои антидетонационные действия при высоких температурах при вступлении в реакции с перекисями, разрушая их;

---детонация – взрывное сгорание рабочей смеси в ДВС, скорость распространения пламени в цилиндрах – свыше 2000 м/с (при нормальном сгорании – 15-20 м/с). При работе с детонацией в отработавших газах появляется черный дым, ДВС перегревается и вибрирует, нарушается тепловой режим двигателя автомобиля.



а)-прибор для определения давления насыщенных паров бензина;  
б)-установка WAUKESHA CFR F-1/F-2 ASTM D 2699 для определения детонационной стойкости бензина моторным и исследовательским методами

Рисунок 2.5 – Приборы для определения основных свойств бензинов

7) *Кислотность топлива* характеризует содержание в нем кислот и других продуктов с кислотной реакцией, его значение определяют количеством щелочи КОН в мг, которое

необходимо для нейтрализации 100 мл топлива, для бензинов – до 3 мг/100 мл. с увеличением кислотности возрастает коррозионная агрессивность топлива по отношению к цветным и черным металлам (цинк, медь, сталь, чугун и др.) и повышается износ ДВС.

---содержание фактических смол оценивается в миллиграммах на 100 мл топлива (предел - 7-15 мг/100 мл) и характеризует степень осмоления бензинов. Окраска бензина в желто-коричневые цвета объясняется наличием в нем смолистых веществ, поэтому о наличии смол в топливе можно визуально судить по его цвету. При повышенном содержании смол моторесурс бензинового ДВС снижается на 20-25%, происходит зависание клапанов, смолы забивают калиброванные отверстия жиклеров карбюратора, откладываются на горячих стенках впускного коллектора и днищах поршней, ухудшается процесс сгорания топлива и т.д. Окислению и осмолению бензина способствует его контакт с кислородом воздуха.

8) *Индукционный период* – способность бензина сохранять свой состав неизменным в условиях перевозки, хранения и использования, накапливать смолистые вещества. Этот показатель определяют по времени в минутах от начала окисления бензина до активного поглощения им кислорода в лабораторной установке. Это время для бензинов – от 600 до 900 мин. (для бензинов со Знаком качества – 1200 мин.). Значительное накопление смол и продуктов окисления начинается после того, как время окисления превысит индукционный период. Чем выше индукционный период, тем стабильнее бензин.

9) *Сернистые соединения* – их содержание в топливе отрицательно сказывается на его эксплуатационных свойствах таких, как стабильность, способность к нагарообразованию, коррозионная агрессивность и др. Максимальное содержание серы в бензинах – 0,12%, для бензинов со Знаком качества – 0,01-0,05%. Активные сернистые соединения вызывают коррозию металлов даже при нормальных условиях, снижают детонационную стойкость бензинов, ускоряют старение моторного масла, образуют твердый и плотный нагар в камере сгорания ДВС и т.д., присутствие их в топливе крайне нежелательно. При увеличении содержания серы в бензине от 0,05 до 0,1% износ ДВС возрастает в 1,5-2 раза, с 0,1 до 0,2% еще в 1,5-2 раза. Неактивные сернистые соединения вызывают коррозию камеры сгорания, компрессионных колец, клапанов, выхлопной системы; при сгорании образуют сернистый и серный ангидриды, вызывающие коррозию и дающие в соединении с водой сернистую и серную кислоты. Чем больше в бензине неактивных сернистых соединений, тем больше износы деталей ДВС.

10) *Механические примеси* (твердые частицы органического и неорганического происхождения) в бензине не допускаются. Они приводят к засорению топливных фильтров, топливопроводов, жиклеров карбюратора, увеличивают износ поршневых колец и стенок цилиндров, что нарушает нормальную работу ДВС.

11) *Наличие воды* в бензине не допускается. Она опасна прежде всего при минусовой температуре, так как, замерзая, образует кристаллы, которые могут прекратить доступ бензина в цилиндры ДВС; она способствует осмолению бензина, а также вызывает коррозию топливных баков.

12) *Наличие в бензинах водорастворимых кислот и щелочей* не допускается, они корродируют металлы и вызывают интенсивный износ деталей ДВС. Могут попасть в бензин при его хранении в грязной таре.

13) *Наличие в бензинах смол* не допускается. Смолы вызывают засорение топливной системы, откладываются на стенках топливных баков, покрывают плёнкой сетчатые топливные фильтры, уменьшают проходное сечение топливопроводов. Слой смолистых отложений может привести к перебоям в работе двигателя. Содержание смолистых веществ в бензине оценивают показателем “концентрация (содержание) фактических смол”.

## 2.4 Бензиновые двигатели

Карбюраторная система основана на действии технически сложного устройства – карбюратора. Карбюратор – прибор, осуществляющий приготовление смеси топлива и воздуха в необходимых пропорциях. Несмотря на разнообразие видов, в автомо-

бильной практике наибольшее применение получил поплавковый всасывающий карбюратор, принципиальная схема которого включает:

- поплавковую камеру и поплавок;
- распылитель, диффузор и смесительную камеру;
- воздушную и дроссельную заслонки;
- топливные и воздушные каналы с соответствующими жиклерами.

Подготовка топливно-воздушной смеси в карбюраторе осуществляется по пассивной схеме. Движение поршня в такте впуска (первом такте) создает в цилиндре разреженное пространство, в которое устремляется воздух, проходя через воздушный фильтр и сквозь карбюратор. Именно здесь и происходит формирование горючей смеси: в смесительной камере, в диффузоре топливо, вырывающееся из распылителя, дробится воздушным потоком и смешивается с ним. Наконец, через впускной коллектор и впускные клапаны горючая смесь подается в конкретный цилиндр двигателя, где в необходимый момент и воспламеняется искрой от свечи зажигания.

Эпоха карбюратора сменяется эпохой инжекторного двигателя, система питания которого основана на впрыске топлива. Ее основными элементами являются: электрический топливный насос (расположенный, как правило, в топливном баке), форсунки (или форсунка), блок управления ДВС (компьютер).

Принцип работы указанной системы питания сводится к распылению топлива через форсунки под давлением, создаваемым топливным насосом. Качество смеси варьируется в зависимости от режима работы двигателя и контролируется блоком управления.

Важным компонентом такой системы является форсунка. Типология инжекторных двигателей основывается именно на количестве используемых форсунок и места их расположения.

Варианты инжектора:

1. с распределенным впрыском;
2. с центральным впрыском.

Система распределенного впрыска предполагает использование форсунок по количеству цилиндров двигателя, где каждый цилиндр обслуживает собственная форсунка, участвующая в подготовке горючей смеси. Система центрального впрыска располагает только одной форсункой на все цилиндры, расположенной в коллекторе. Ключевым звеном в системе инжекторной подачи топлива лежат форсунки, благодаря ним появилась возможность впрыскивать топливо непосредственно в цилиндры. Любая такая форсунка – это электроклапан, имеющий сопло. Когда нужно подать в двигатель топливо, электроника открывает этот клапан и топливо, проходя через сопло под большим давлением, измельчается до состояния пара.

Открывается форсунка на десятые или даже сотые части минуты, при этом, чем дольше открыта форсунка, тем больше топлива она подает в цилиндр. Длительностью открытия форсунки управляет электроника.

Еще любой бензиновый двигатель не смог бы нормально работать без такой вещи как дроссельная заслонка. В инжекторе она тоже есть и нужна для того, чтобы контролировать количество воздуха, который поступает в двигатель. На такой заслонке тоже имеется датчик, благодаря нему система получает информацию о том, что водитель хочет ехать быстрее и что нужно подать больше топлива.

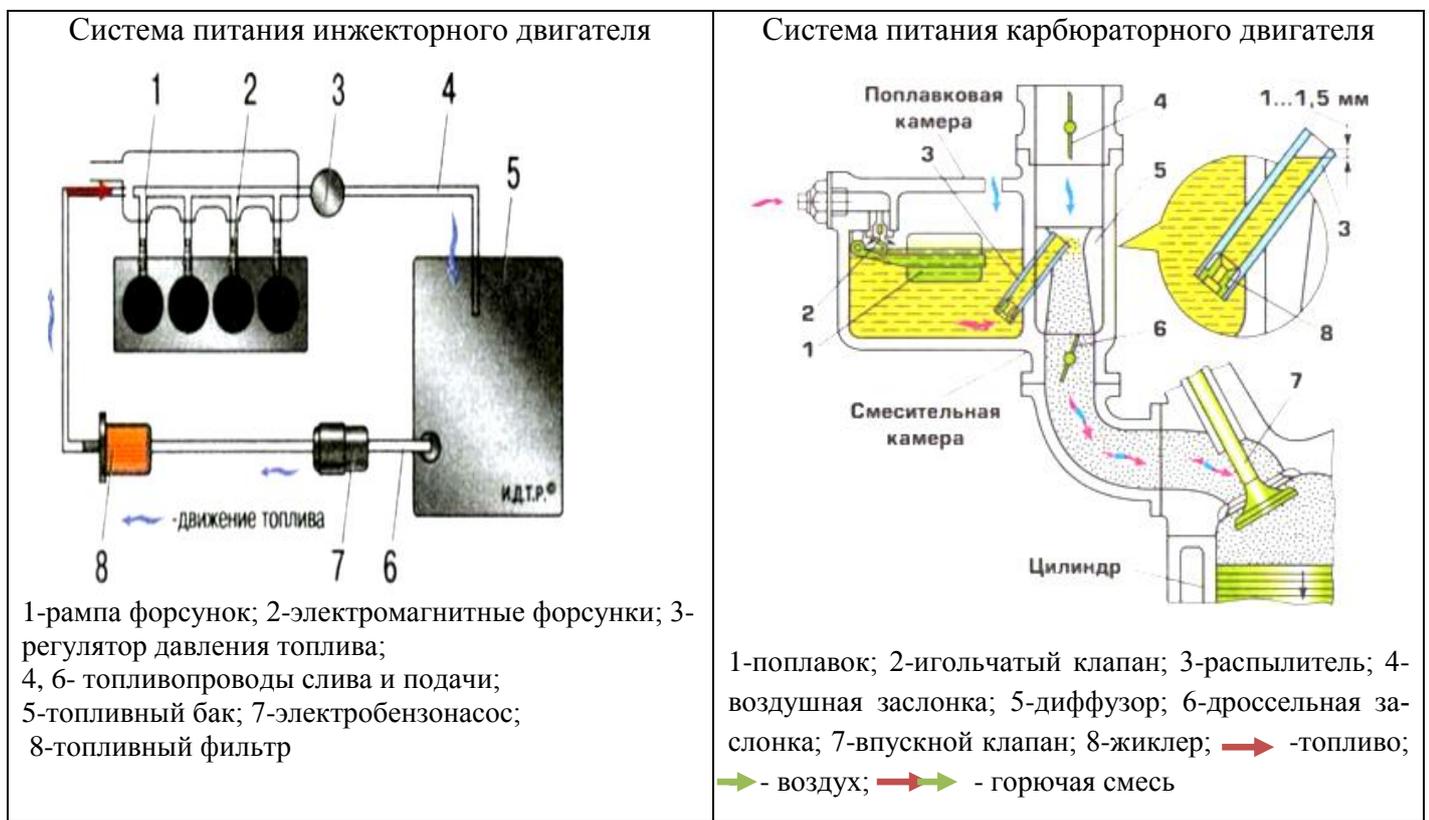


Рисунок 2.6 – Системы питания бензиновых двигателей

Таблица 2.1 - Основные показатели качества некоторых автомобильных бензинов

Показатели	Бензины по ГОСТ Р – 51313 – 99							
	А-80 этили- рован- ный	А-80 неэти- лиро- ванный	АИ-92 этили- рован- ный	АИ-92 неэти- лиро- ванный	АИ-95 этили- рован- ный	АИ-95 неэти- рован- ный	АИ-98 неэти- лиро- ванный	
Октановое число: по моторному методу	76	76	83	83	85	85	88	
по исследоват.	80	80	92	92	95	95	98	
Содержание ТЭС	0,17	0,013	0,17	0,013	0,17	0,013	0,013	
Фракционный состав, °С:								
НР, не ниже	35	30	35	30	35	30	30	
10%, не ниже	70	70	75	75	75	75	75	
50%, не ниже	120	120	120	120	120	120	120	
90%, не ниже	190	190	190	190	190	190	190	
КР, не ниже	215	215	215	215	215	215	215	
Давление насыщенных паров, кПа	80	80	80	80	80	80	80	
Содержание фактич. смол.	5	5	5	5	5	5	5	
Индукционный период, мин.	600	600	600	600	600	600	600	
Массовая доля серы, %	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	

Таблица 2.2 - Основные показатели качества автомобильных бензинов

Показатели	Бензины по ГОСТ Р – 51105 – 97			
	Нормаль -80	Регуляр -91	Премиум –95	Супер – 98
Октановое число:				
По моторному методу	76,0	82,5	85,0	88,0
По исследовательскому	80,0	91,0	95,0	98,0
Содержание ТЭС, не более	0,01	0,01	0,01	0,01
Фракционный состав, С:				
НР, не ниже	30	30	30	30
10%, не ниже	70	75	75	75
50%, не ниже	120	120	120	120
90%, не ниже	190	190	190	190
Массовая доля серы	0,05	0,05	0,05	0,05
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	700-750	725-780	725-780	725-780
Индукционный период, мин	360	360	360	360
Содержание фактических смол, м/100 см <sup>3</sup> , не более	5	5	5	5
Давление насыщенных паров, кПа (мм рт.ст.)	79,9 (500)	80	90	95

Для обеспечения эксплуатации автомобилей с бензиновыми двигателями в условиях Севера (на газоконденсаторных месторождениях и прилегающих труднодоступных районах) применяют автомобильные бензины, вырабатываемые прямой перегонкой (экологичность!) из газовых конденсатов Уренгойского и Норильского месторождений.

Таблица 2.3 - Показатели качества газоконденсатных бензинов

Показатели	ТУ 51-126-83		ТУ 51-03-06-86	
	АГ-76	АГ-80	АГ летний	АГ зимний
1. Детонационная стойкость: октановое число по моторному методу, не менее	76	80	76	80
2. Фракционный состав:				
температура начала перегонки, °С, не ниже;	–	–	35	Не нормир.
10% перегоняется при температуре, °С, не выше;	55	55	70	55
50% перегоняется при температуре, °С, не выше;	100	100	115	100
90% перегоняется при температуре, °С, не выше;	140	130	145	145
конец кипения бензина, °С, не выше;	150	150	170	150
остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5	1,0	1,0
остаток и потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0
3. Давление насыщенных паров бензина, Па (мм рт. Ст.), не более в пределах	66661–93325 (500–700)	66661–93325 (500–700)	66661 (500)	66661–93325 (500–700)
4. Кислотность, мг КОН на 100 мл бензина, не более	1,0	1,0	3,0	3,0

### Продолжение таблицы 2.3

5. Концентрация фактических смол в мг на 100 мл бензина, не более (на месте производства)	3,0	3,0	5,0	5,0
6. Массовая доля серы, %, не более	0,10	0,10	0,10	0,10
7. Испытание на медной пластине	Выдерживает			
8. Индукционный период на месте производства бензина, мин, не менее	900	900	1200	1200
9. Водорастворимые кислоты и щёлочи	отсутствие		отсутствие	
10. Механические примеси и вода	отсутствие		отсутствие	
11. Цвет	светлый	–	бесцветный	

## 2.5 Автомобильные бензины зарубежного производства

Основным компонентом бензинов стран Западной Европы и Японии является бензин каталитического риформинга. Бензины Западной Европы также отличаются сравнительно повышенным содержанием продуктов термических процессов. Качество зарубежных автомобильных бензинов жестко регламентируется по детонационной стойкости, содержанию свинцовых антидетонаторов, серы, а в последние годы вводятся ограничения и по углеводородному составу. В отличие от отечественных бензинов, автомобильные бензины за рубежом по детонационной стойкости делятся в основном на две категории: регулярные с октановым числом 89—93 и премиальные с октановым числом 96—100 по исследовательскому методу. Основное количество автомобильных бензинов в ведущих промышленных странах вырабатывается в неэтилированном виде. Содержание свинца в этилированных бензинах ограничено до 0,15 г на 1 дм<sup>3</sup>. В США этилированные бензины вырабатываются в весьма ограниченных количествах. В ряде стран Западной Европы, таких как Швейцария, Швеция и ФРГ, также почти полностью прекращено применение этилированных бензинов. Для повышения детонационной стойкости бензинов взамен этиловой жидкости в США, странах Западной Европы и Японии широкое применение находят различные эфиры, 80% которых составляет МТБЭ (метил-третичнобутиловый эфир). Добавка МТБЭ не только повышает октановое число бензинов, но и увеличивает полноту сгорания, что приводит к снижению содержания СО и РН в отработавших газах.

По содержанию серы зарубежные бензины практически не отличаются от отечественных. Большинство спецификаций до последнего времени допускалось содержание серы до 0,1% от масс. Некоторыми спецификациями также регламентируется и допустимое содержание меркаптановой серы на уровне 0,001...0,0015% масс.

Особенностью зарубежных автомобильных бензинов является относительно невысокая химическая стабильность. Многими зарубежными спецификациями допустимая величина индукционного периода нормируется на уровне 240 мин, и только в отдельных случаях для бензинов повышенного качества (супер-бензинов), а также бензинов, поставляемых для создания стратегических запасов, норма на этот показатель составляет не менее 480 мин.

Испаряемость зарубежных бензинов, как и отечественных, регламентируется температурными характеристиками фракционного состава и давлением насыщенных паров. Зарубежные требования к фракционному составу бензинов отличаются более высокой допустимой температурой конца кипения, которая в большинстве спецификаций составляет 215°С, а в некоторых странах с теплым климатом, например в Мек-

сике и Бразилии, этот показатель равен 225°C. Требования к давлению насыщенных паров зарубежных бензинов принципиально не отличаются от отечественных. Качество зарубежных автомобильных бензинов также контролируется определением ряда таких традиционных показателей, как концентрация фактических смол, испытание на медной пластинке и цвет (для этилированных бензинов). В некоторых спецификациях, например фирмы «Тоталь» (Франция), включены такие показатели, как «докторская проба», устанавливающая допустимое содержание меркаптановой серы, и содержание потенциальных смол, характеризующих в дополнение к индукционному периоду склонность бензина к осмолению при хранении.

Почти всеми зарубежными спецификациями предусмотрено обязательное добавление к автомобильным бензинам антиокислительных, антикоррозионных, моющих, а в зимнее время и антиобледенительных присадок. «Экологически чистые», или так называемые «реформулированные», бензины должны содержать минимальное количество примесей и углеводородов, способствующих загрязнению атмосферного воздуха токсичными продуктами сгорания и испарения при перекачке и транспортировке. К таким примесям и соединениям относятся свинцовосодержащие антидетонаторы, серусодержащие соединения, ароматические и непредельные углеводороды.

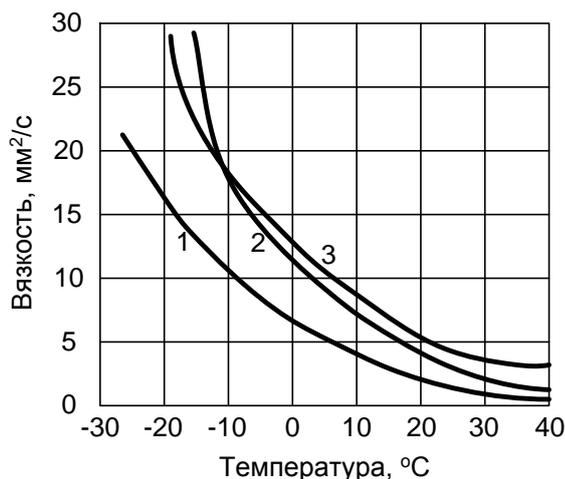
За рубежом в основном производят автомобильные бензины трех сортов: регулярный, премиальный и экстра с октановыми числами по исследовательскому методу (ИМ) соответственно 93, 98, 100-101 и по моторному методу (ММ) – 85, 90, 93. В США и Англии применяют все три сорта, в других странах только два – регулярный и премиальный

## 2.6 Дизельные топлива

Дизельные топлива – нефтяная фракция, основу которой составляют углеводороды с температурами кипения в пределах от 200<sup>0</sup> до 350<sup>0</sup>С. Дизельное топливо – прозрачная бесцветная, более вязкая, чем бензин, жидкость. Его окраска зависит от содержащихся смол и меняется от желтого до светло-коричневого цвета. Легче воды и в воде практически не растворяется. Время на образование горючей смеси в дизельном ДВС – 0,001-0,002 с. Основные показатели дизельных топлив:

1) *Застывание топлива* – потеря его подвижности вследствие образования из кристаллизующихся углеводородов каркаса или структурной сетки. Парафиновые углеводороды кристаллизуются на 10<sup>0</sup>С раньше, чем топливо замерзает, т.е. оно уже теряет текучесть. Температура застывания топлива должна быть на 8...12<sup>0</sup>С ниже температуры окружающего воздуха. Данный показатель определяет возможность использования топлива при данной температуре воздуха (влияет на прокачиваемость топлива по системе питания, на качество смазки деталей ТНВД, на дозировку подачи топлива и т.д.). Это такая температура, при достижении которой топливо, в наклонённой под углом 45° пробирке, сохраняет мениск перпендикулярно оси пробирки в течение не менее одной минуты. В динамических условиях этот каркас разрушается и в ряде случаев возможна перекачка топлива при температуре на 10...15<sup>0</sup>С ниже температуры его застывания. Однако осколки структурного каркаса вместе с кристаллами углеводородов забивают фильтры, поэтому температура дизельного топлива должна быть выше температуры его помутнения.

2) *Вязкость* – (определяется капиллярным вискозиметром в сантистоксах) влияет на прокачиваемость топлива по системе питания ДВС, качество распыливания при впрыске в цилиндры ДВС, дальность струи, диаметр капелек топлива. Кинематическая вязкость зимнего топлива – 2-3 сСт, летнего – 4-6 сСт. Пониженная вязкость ведет к изменению дозировки, уменьшению цикловой подачи (ведет к падению мощности ДВС), снижению давления впрыска топлива, подтеканию через отверстия форсунок (ведет к повышенному нагарообразованию). Повышенная вязкость приводит к ухудшению качества смесеобразования, возрастает продолжительность этапа испарения (капли топлива повышенной вязкости испаряются медленно и частично оседают на днище поршня и стенках камеры сгорания), топливо сгорает не полностью, повышается нагарообразование, нарушается процесс горения (ведет к снижению к.п.д. ДВС) и т.д.;



1 – топливо зимнее; 2 – топливо летнее; 3 – топливо арктическое  
 Рисунок 2.6 - Зависимость вязкости дизельных топлив от температуры

Повышенный износ топливной аппаратуры, недостаточное давление впрыска и, как следствие, перерасход топлива, уменьшение ресурсов двигателей являются причинами, по которым нецелесообразно применять зимние и особенно арктические марки дизельного топлива в условиях положительных температур.

3) *Плотность* – (определяется стандартным вискозиметром, допустимые пределы – 0,82-0,86 г/см<sup>3</sup>) влияет на процесс смесеобразования также, как и вязкость дизельного топлива.

Вязкость и плотность дизельного топлива зависят от углеводородного состава дизельного топлива. Эти показатели топлива определяют процессы распыления и смесеобразования. В ГОСТ 305-82 (см. таблицу) указана величина кинематической вязкости, сСт (сантистокс, мм<sup>2</sup>/с), различных марок дизельного топлива  $V$  и определяются по формуле (2.5)

$$V = \frac{\mu \times 10^6}{\rho}, \quad (2.5)$$

где  $\mu$  - динамическая вязкость или коэффициент внутреннего трения жидкости, Н·с/м<sup>2</sup>;

$\rho$  - плотность жидкости при 20 °C, кг/м<sup>3</sup>.

4) *Фракционный состав* – (определяется разгонкой на стандартном аппарате) характеризует испаряемость топлива, используется четыре точки перегонки – 10%, 50%, 96% и КР. Утяжеленный фракционный состав приводит к несвоевременному воспламенению и плохому сгоранию топлива, дымному выпуску, смыванию масла со стенок цилиндров, повышенному износу деталей ДВС и увеличению отложений. Облегченный фракционный состав ведет к плохой самовоспламеняемости топлива (затрудняется пуск ДВС), создает жесткую работу ДВС.

---температура выкипания 10% топлива характеризует наличие в нем низкокипящих углеводородов, которые легко испаряются, но плохо воспламеняются. Чем ниже эта температура, тем больше в топливе низкокипящих углеводородов, тем хуже идет процесс воспламенения, тем больше нагара в ЦПГ ДВС.

---температура выкипания 50% характеризует пусковые качества дизельного топлива; чем она ниже, тем быстрее идет запуск ДВС.

---температуры выкипания 96% и КР характеризуют наличие в топливе тяжелых фракций, ухудшающих смесеобразование, экономичность и повышающих дымность ОГ, нагарообразование в ДВС. Чем выше эти температуры выкипания, тем больше в топливе тяжелых фракций.

5) *Цетановое число* – характеризует склонность дизельного топлива к самовоспламенению и возникновению жесткой работы (нарастание давления на 1 градус поворота коленчатого вала до 0,6-0,9 МПа, что приводит к выходу ДВС из строя; ДВС работает с перегрузкой, идет перерасход топлива). Определяется на одноцилиндровом дизельном ДВС серии ИТ-9.

---цетановое число – условный показатель самовоспламеняемости дизельного топлива, численно равный процентному содержанию цетана в смеси, состоящей из цетана (ЦЧ=100) и альфа-метилнафталина (ЦЧ=0), которая по своей самовоспламеняемости равна испытываемому топливу. Цетановое число дизельных топлив – 45-50. Применение топлив с ЦЧ ниже 40 приводит к жесткой работе ДВС, затруднению его пуска. Повышение ЦЧ выше 50 ведет к сгоранию топлива вблизи форсунки, снижению экономичности ДВС, повышенному дымлению. Для надежной работы дизельного ДВС в летнее время следует применять топливо с ЦЧ=45, зимой – с ЦЧ=50.

---повышается цетановое число с введением в топливо высокоцетановых компонентов (1% изопропилнитрата, повышает ЦЧ на 5-10 ед.) или специальных присадок.

6) *Коксовое число* – (не более 0,3% по всем маркам дизельных топлив) характеризует способность топлива образовывать углистый остаток в камере сгорания ДВС, склонность к нагарообразованию и отложениям. Ужесточение теплового режима и неисправность топливной аппаратуры (падение давления впрыска и др.) создают условия для образования в камере сгорания углистых отложений. Поэтому не рекомендуется длительная работа ДВС на малых оборотах.

7) *Йодное число* – (должно быть не более 6 г йода на 100 мл топлива) характеризует содержание олефинов (непредельных углеводородов) в топливе. Влияет на химическую стабильность дизельного топлива. Чем выше йодное число, тем больше в топливе олефинов, тем ниже его химическая стабильность, тем больше топливо склонно к образованию в нем смол и органических кислот.

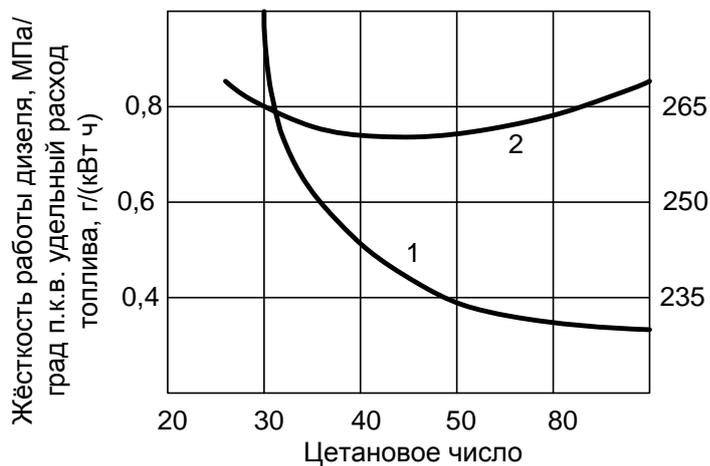


Рисунок 2.7 - Влияние цетанового числа на жесткость работы дизеля (кривая 1) и удельный расход топлива (кривая 2)

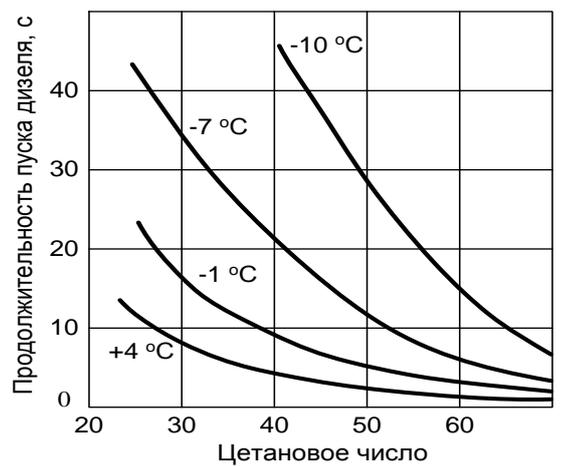


Рисунок 2.8 – Зависимость продолжительности пуска дизеля от цетанового числа при различных температурах воздуха ( $n = 100 \text{ мин}^{-1}$ )



Рисунок 2.9 – Установка ИДТ-90 для определения цетанового числа дизельных топлив

8) *Зольность топлива* – (не более 0,01%) характеризует склонность топлива к образованию нагаров и влияет на износ деталей ДВС. Чем выше зольность, тем больше образуется твердого нагара в ЦПГ ДВС, тем более интенсивно изнашиваются детали ДВС.

9) *Меркаптановая сера* – (не должно превышать 0,01%), ее содержание определяют потенциометрическим методом; влияет на коррозионный износ плунжерных пар и деталей форсунок, образует смолы в зоне работы форсунок ДВС, образует лаковую пленку на запорных иглах (происходит зависание игл).

-активные сернистые соединения – (не более 0,2%) влияют на коррозию деталей ЦПГ двигателя при их сгорании (сильная химическая коррозия нижнего пояса гильзы цилиндра), образуют при соединении с кислородом воздуха сернистый и серный ангидриды (вызывают закоксовывание проходных сечений форсунок), с парами воды – агрессивные серную и сернистую кислоты (попадая в моторное масло поражают

подшипники, шейки валов и другие детали). При наличии в топливе серы 0,4% и выше следует перейти на более качественное моторное масло или сроки замены масла сократить в два раза.

При содержании серы более 0,5%, её действие проявляется после сгорания в цилиндрах двигателя. Образующиеся оксиды  $SO_2$  и  $SO_3$  способны вызвать газовую коррозию камеры сгорания, тарелки и седла выпускного клапана и практически всего выпускного тракта двигателя. При понижении температуры ниже точки росы оксиды взаимодействуют с водой, образуя сернистую и серную кислоты, вызывая кислотную коррозию. Серная кислота  $H_2SO_4$  более агрессивна. Интенсивность образования оксидов серы зависит от температуры, давления и состава горючей смеси.

10) *Температура вспышки* – (должна быть не ниже  $35^{\circ}C$ ) характеризует огнеопасность топлива и содержание в нем наиболее легких фракций.

11) *Поверхностное натяжение* – ( $27-30$  эрг/см<sup>2</sup>) зависит от химического состава, наличия смолистых веществ и сернистых соединений, плотности, фракционного состава топлива. Чем выше эта величина, тем хуже топливо распыливается, тем хуже процесс смесеобразования, тем больше нагара в ЦПГ ДВС.

12) *Водорастворимые кислоты и щелочи* – влияют на коррозионную активность дизельных топлив, образование отложений и нагара в камере сгорания (на клапанах, форсунках и других деталях ДВС); нарушают нормальный режим, экономичность и мощностные показатели ДВС, их содержание в топливах не допускается. Водорастворимые кислоты и щёлочи (ВКЩ) определяют переводя их в воду. В образующуюся водную вытяжку добавляют индикаторы: метиловый оранжевый ( $H^+$ ) и фенолфталеин ( $OH^-$ ). Изменение окраски индикаторов указывает на содержание кислот или щёлочей.

13) *Массовое содержание механических примесей* (коэффициент фильтруемости дизельного топлива не должен превышать 3) – их наличие в топливах не допускается. Снижают ресурс фильтрующих элементов. Главный объект их воздействия – прецизионные пары (ТНВД и форсунки), у которых они вызывают абразивный износ трущихся пар.

14) *Массовое содержание воды* – не допускается. Может содержаться в топливе в растворенном виде и в виде эмульсии, ухудшает смазывающие свойства топлива, влияет на износ иглы распылителя, нарушая процесс впрыска. В холодное время года может прервать подачу топлива (забиваются фильтры частицами льда).

15) *Степень чистоты дизельного топлива* определяет эффективность и надежность работы топливной аппаратуры. Частицы размером больше 4 мкм вызывают повышенный износ деталей топливной аппаратуры, что и определяет требования к качеству очистки топлива. Чистоту топлива оценивают коэффициентом фильтруемости (не более 3 по ГОСТ 305-82). Коэффициент фильтруемости – это отношение времени фильтрования через фильтр из бумаги БФДТ при давлении 1 атм десятой порции фильтруемого топлива к первой. Содержание механических примесей в товарных дизельных топливах не должно превышать 0,002...0,004 %.

## 2.7 Классификация дизельных топлив

Таблица 2.4 - Основные показатели качества дизельных топлив

Показатели	Дизельное топливо, ГОСТ 305-82		
	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав, С:			
10%	230	220	220
50%	280	280	255
96% и КР	360	340	330
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	840	830
Вязкость при 20 <sup>0</sup> С кинематическая, сСт	3-6	1, 8-3,5	1,5-4,0
Температура застывания (°С, не выше)	-10	-35	-55
Температура застывания для холодной зоны	-10	-45	-55
Температура помутнения (°С, не выше)	-5	-25	---
Температура вспышки (в закрытом тигле), °С, не выше	50	35	30
Содержание серы, %, не более	0,2	0,2	0,2
Содержание меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Кислотность, мг кКОН на 100 мл топлива, не более	5	5	5
Содержание фактических смол, мг на 100 мл топлива	40	30	30
Содержание механических примесей и воды	отсутств.	отсут.	отсут.
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсут.	отсут.	отсут.
Йодное число, г йода на 100 мл топлива, не более	6	6	6
Коксуемость 10% остатка, %, не более	0,3	0,3	0,3

С 2005 г. в РФ действует новый государственный стандарт на дизельное топливо - ГОСТ Р 52368-2005. Он полностью соответствует спецификации EN 590. Согласно новому стандарту в дизельном топливе ограничивается содержание серы, а именно:

- вид I - содержание серы не более 350 мг/кг;
- вид II - содержание серы не более 50 мг/кг;
- вид III - содержание серы не более 10 мг/кг.

Новый ГОСТ рассматривает дизельное топливо отдельно в зависимости от климатических условий местности его использования. Для районов с умеренным климатом дизельное топливо разделяется по сортам, которые указывают на предельную температуру фильтруемости:

- Сорт А (+5 °С)
- Сорт В (0 °С)
- Сорт С (-5 °С)
- Сорт D (-10 °С)
- Сорт Е (-15 °С)
- Сорт F (-20 °С)

А для районов с холодным климатом дизельное топливо подразделяют на классы с предельной температурой фильтруемости:

- Класс 0 (-20 °С)
- Класс 1 (-26 °С)

- Класс 2 (-32 °С)
- Класс 3 (-38 °С)
- Класс 4 (-44 °С)

В 2011 г. в рамках Технического регламента Таможенного союза Белоруссии, Казахстана и России приняты новые обозначения марок дизельного топлива, которые включают следующие группы знаков, расположенных в определенной последовательности через дефис:

Первая группа: буквы

- ДТ - дизельное топливо для автомобильных дизельных двигателей.

Вторая группа: буквы, обозначающие климатические условия применения

- Л - летнее (температура фильтруемости не определяется);
- Е - межсезонное (-15 °С);
- З - зимнее (-20°С);
- А - арктическое (-38°С).

Третья группа: символы, обозначающие экологический класс дизельного топлива

- К2 - содержание серы не более 500 мг/кг;
- К3 - содержание серы не более 350 мг/кг, (соответствует ГОСТ Р 52368-2005 вид I);
- К4 - содержание серы не более 50 мг/кг, (соответствует ГОСТ Р 52368-2005 вид II);
- К5 - содержание серы менее 10 мг/кг, (соответствует ГОСТ Р 52368-2005 вид III).

Таким образом, группа символов ДТ-З-К5 согласно ТР ТС 013/2011 обозначает дизельное топливо автомобильное зимнее экологического класса 5 (соответствует Евро-5).

В результате одновременного использования производителями и потребителями двух стандартов: ГОСТ Р 52368-2005 и ТР ТС 013/2011, - на рынке дизельного топлива РФ произошло смешение понятий и обозначений. Поэтому одно и то же топливо можно найти под обозначением как Сорт F вид III (Евро-5), так и ДТ-З-К5. Многие российские производители указывают обе маркировки в паспортах качества.

В настоящее время (с 2014 г.) в России запрещено использование дизельного топлива экологического класса К2, с 01 января 2015 г. вывелось из обращения топливо класса К3, а с 01 января 2016 г. на территории Российской Федерации разрешен выпуск и обращение дизельного топлива экологического класса не ниже К5.

С 1 июля 2014 года в России введен в действие ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное». Это топливо производится с применением современного метода каталитической депарафинизации. В соответствии с ГОСТом, дизельное топливо для районов с холодным климатом обозначается следующим образом:

- ДТ-З-К3 (К4, К5) минус 32;
- ДТ-З-К3 (К4, К5) минус 38;
- ДТ-А-К3 (К4, К5) минус 44;
- ДТ-А-К3 (К4, К5) минус 48;
- ДТ-А-К3 (К4, К5) минус 52.

При этом выпуск и использование дизельного топлива по ГОСТ Р 52368-2005 не ограничивается.

При классификации дизтоплива используются 2 основных параметра: содержание серы и температура фильтруемости. Между тем, дизельное топливо характеризует-

ся большим количеством показателей, часть из которых приводится в паспортах качества на выпущенную партию топлива.

Таблица 2.5 – Дизельное топливо ГОСТ 55475-2013

Наименование показателя	Значение для класса				
	ДТ-З-КЗ минус 32	ДТ-З-КЗ минус 38	ДТ- А-КЗ минус 44	ДТ- А-КЗ минус 48	ДТ-А- КЗ ми- нус 52
1. Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44
2. Температура помутнения, °С, не выше	-10	-16	-22	-28	-34
3. Плотность при 15 °С, кг/куб. м	800 - 845	800 - 845	800 - 840	800 - 840	800 - 840
4. Кинематическая вязкость при 40 °С, кв. мм/с	1,50 - 4,00	1,50 - 4,00	1,50 - 4,00	1,40 - 4,00	1,20 - 4,00
5. Цетановое число <sup>1)</sup> , не менее	49,0	49,0	48,0	47,0	47,0
6. Цетановый индекс <sup>2)</sup> , не менее	46,0	46,0	46,0	43,0	43,0
7. Фракционный состав:					
до температуры 180 °С, % (по объему), не более	10	10	10	10	10
до температуры 340 °С, % (по объему), не менее	95	95	95	95	95
8. Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	55	55	40	30	30

Таблица 2.6 - Экологически чистые дизельные топлива

Дизельное топливо	Показатели					
	Цетановое число	Вязкость при 20 <sup>0</sup> С	Температура застывания	Температура фильтруемости	Мех. примеси	Во да
ДИТО-ЭЛ	45	1,6-6	-10	-15 С	нет	нет
ДИТО-Элп	45	1,6-6	-10	-15 С	нет	нет
ДИТО-ЭЗ-15	45	1,6-6	-25	-15 С	нет	нет
ДИТО-ЭЗ-25	45	1,6-6	-35	-25 С	нет	нет
ДИТО-ЭЗп-15	45	1,6-6	-25	-15 С	нет	нет
ДИТО-ЭЗп-30	45	1,6-6	-40	-30 С	нет	нет

Таблица 2.7 - Экологически чистые дизельные топлива (ТУ 38.1011348-89)

Показатель	Марки дизельного топлива		
	ДЛЭЧ-В	ДЛЭЧ	ДЗЭЧ
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав: перегоняется при °С, не выше: 50 %	280	280	280
96 % (конец перегонки)	360	360	340
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,0...6,0	3,0...6,0	1,8...5,0
Температура, °С, не выше: застывания	-10	-10	-35
предельной фильтруемости	-5	-5	-25

Продолжение таблицы 2.7

Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже: для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	40	40	35
для дизелей общего назначения	62	62	40
Содержание серы, %, не более:			
вида I	0,05	0,05	0,05
вида II	0,1	0,1	0,1
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5,0	5,0	5,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10 % остатка, %, не более	0,2	0,2	0,2
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	860	840
Содержание ароматических углеводородов, %, не более	20	–	10
Содержание механических примесей и воды	отсутств.	отсутств.	Отсутств.

Примечание: для применения в районах с холодным климатом (температура –25 °С и –45 °С) согласно ТУ 38.401-58-36-92 вырабатывают две марки дизельного топлива: зимнее ДЗп-15/-25 (базовое дизельное топливо с температурой помутнения –15 °С, товарное – с предельной температурой фильтруемости –25 °С) и арктическое ДАп-35/-45 (базовое топливо с температурой помутнения –35 °С, товарное – с предельной температурой фильтруемости –45 °С).

Таблица 2.8 – Дизельные зимние топлива с депрессорными присадками (ТУ 38.401-58-36-92)

Показатель	Марки зимних дизельных топлив с депрессорными присадками		
	ДЗп	ДЗп-15/-25	ДАп-35/-45
Цетановое число, не менее	45	45	40
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С, не выше:			
50 %	280	280	280
90 % (конец перегонки)	360	360	340
Кинематическая вязкость для дизелей общего назначения, при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,0...6,0	1,8...6,0	1,5...5,0
Температура, °С, не выше:			
застывания			-55
помутнения			-35
предельной фильтруемости			-45
	-30	-35	
	-5	-15	
	-15	-25	
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:			
для дизелей общего назначения	40	40	35
для тепловозных и судовых дизелей	62	35	30
Содержание серы, %, не более:			
вида I	0,2	0,2	0,2
вида II	0,5	0,5	0,4
Содержание меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01

## Продолжение таблицы 2.8

Содержание фактических смол, мг/100 см <sup>3</sup> базового топлива, не более	40	–	–
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5	5	5
Иодное число, г J <sub>2</sub> /100 г топлива, не более	6	5	5
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10 % остатка, %, не более	0,3	0,2	0,2
Коэффициент фильтруемости, не более:			
для базового топлива	2,0	–	–
для топлива с присадкой	3,0	3,0	3,0
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	860	840
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,0	2,0

Примечание: топливо ДЗп выпускают согласно ТУ 38.101889–81; для топлив всех марок содержание: сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды – отсутствие; испытания на медной пластинке – выдерживают.

## 2.8 Дизельные топлива зарубежного производства

В странах Европейского экономического сообщества с 2009 г. действует стандарт на дизельное топливо для различных климатических регионов EN 590-2009 (он же ЕВРО-5). Согласно этому стандарту общими требованиями для выпускаемых дизельных топлив являются:

- температура вспышки – не ниже 55 °С;
- коксуемость 10 % остатка – не более 0,3 %;
- зольность – не более 0,01 %;
- содержание воды, механических примесей – практическое отсутствие;
- коррозия медной пластины – класс 1;
- устойчивость к окислению – не более 25 г/м<sup>3</sup>;
- содержание серы – не более 0,05 %.

Эти стандарты классифицируют дизельное топливо по температурно-климатическим зонам применения: Class А - F для температур от +5 до -20 °С, Class 0 - 4 для температур от -20 до -44 °С.

Таким требованиям отвечает отечественное экологически чистое дизельное топливо, выпускаемое согласно ТУ 38.1011348-89.

Анализ изменения качества дизельного топлива по стандарту EN 590 за последние десять лет свидетельствует о значительном снижении содержания серы в топливе, увеличении цетанового числа, некотором облегчении фракционного состава и введении нормирования на содержание полициклических ароматических углеводородов, смазывающей способности и окислительной стабильности топлива.

Таблица 2.9 - Требования к качеству дизельного топлива по стандарту EN 590-2009

Показатель	Изменение значений по годам:		
	1993–1996 гг.	1996–1999 гг.	Действующие с 2009 г.
Содержание серы, %, не более	0,5	0,3	0,035
Цетановое число, не менее	45	49	51
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	820...860	820...860	820...845
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	2,0...4,5	2,0...4,5	2,0...4,0
Фракционный состав: 95 % топлива перегоняется до температуры, °С	370	370	360
Содержание полициклических ароматических углеводородов, %, не более	Не норм.	Не норм.	11
Смазывающая способность топлива, мкм, не более	Не норм.	Не норм.	460
Окислительная способность, г/м <sup>3</sup> , не более	Не норм.	Не норм.	25

## 2.9 Газообразные топлива

Использование газового топлива позволяет значительно сократить потребление жидкого нефтяного топлива (бензина, дизельного топлива). Запасы нефти не бесконечны. Эксплуатация одного автомобиля, работающего на газовом топливе, обеспечивает высвобождение жидкого моторного топлива от 5 до 10 тонн в год (имеются в виду легковые и малотоннажные автомобили). Кроме того, если сравнивать с бензином, то в газовом варианте за один и тот же временной период работы, направленной на перемещение определенной массы из пункта А в пункт В, при равных сопутствующих условиях в атмосферу будет выброшено в 1,5 раза меньше токсичных веществ.

В качестве автомобильного горючего используются два вида газового топлива - сжиженный нефтяной, или углеводородный, газ и сжатый компримированный газ. Сжиженный газ, используемый как автомобильное топливо, в основном состоит из пропана (С<sub>3</sub> Н<sub>8</sub>), газовой смеси бутана (С<sub>4</sub> Н<sub>10</sub>), получаемых при добыче природного газа и нефти, а также на различных стадиях ее переработки на заводах и (около 1%) непредельных углеводородов. Их химические и физические свойства обеспечивают достаточную мощность и эффективной работы двигателя.

### *Сжиженные газообразные топлива - (СНГ)*

В настоящее время широко применяются грузовые автомобили, автобусы и легковые автомобили, работающие на сжиженном нефтяном газе (СНГ). По своим технико-эксплуатационным показателям они мало чем отличаются от базовых бензиновых моделей, а по ряду параметров даже превосходят их. Преимущества СНГ перед бензинами:

- снижается токсичность отработавших газов;
- могут использоваться в ДВС с высокой степенью сжатия;
- не смывают масляную пленку со стенок цилиндров ДВС;
- снижается износ цилиндро-поршневой группы ДВС (износ гильз цилиндра на 14%, поршней на 17%, поршневых колец на 63%, шеек коленчатого вала на 57-70%);

- высокая детонационная стойкость;
- повышается срок службы моторного масла в 2-2,5 раза;
- скрытая теплота испарения весьма мала ( $\approx 116$  кВт/кг), т. е. влияние на температурный режим камеры сгорания незначительно;
- увеличивается моторесурс ДВС на 30- 40% и т.д.

Наряду с этим газобаллонные автомобили (ГБА) имеют и ряд недостатков:

- снижение мощности двигателя за счёт меньшего коэффициента наполнения цилиндров: СНГ – 3–4%, СПГ – 18–20%;
- неудовлетворительные пусковые качества при низких температурах;
- увеличенное, из-за повышенного температурного режима работы двигателя, содержание в отработавших газах окислов азота, что ведёт к «нитрированию» масел и в конечном итоге коррозии при большом нагреве;
- повышенная степень сжатия двигателей ГБА требует применения высокооктанового бензина (резервное топливо);
- усложнение системы питания, увеличение объёма и стоимости обслуживания и ремонта;
- снижение грузоподъёмности автомобилей, работающих на СПГ из-за использования баллонов большой массы (800 кг у ЗИЛ-138);
- удорожание автомобиля на 20–26%.

Основные компоненты сжиженных газов – пропан  $C_3H_8$  (октановое число 96,3), бутан  $C_4H_{10}$  (октановое число 93,1) и их смеси. Получают эти углеводороды из газов, выходящих из буровых скважин вместе с нефтью и из газообразных фракций, получаемых при различных видах переработки нефтепродуктов, каменных углей. Газобаллонные установки для сжиженного газа являются установками среднего давления. Сжиженные газы хранят в баллонах емкостью 250 л, с рабочим давлением 1,6 МПа ( $16 \text{ кгс/см}^2$ ).

СНГ бесцветны и не имеют запаха, обнаружить их утечку очень трудно. Поэтому в их состав добавляют вещества (одоранты), обладающие сильным запахом – этилмеркаптан и др.

Для перевода газов в жидкое состояние необходимы следующие условия:  
 для пропана – температура  $+20^0 \text{ C}$  и давление 0,716 МПа ( $7,16 \text{ кг/см}^2$ ),  
 для бутана – температура  $+20^0 \text{ C}$  и давление 0,103 МПа ( $1,03 \text{ кг/см}^2$ ).

Для системы резервного питания ДВС газобаллонных автомобилей применяется бензин А-80 (для кратковременной работы и запуска ДВС, при передвижении автомобиля в гараже и т.д.).

Таблица 2.9 - Сжиженные газообразные топлива

Основные показатели	СПБТЗ (ПА) (зимний)	СПБТЛ (ПБА) (летний)
Минимальное избыточное давление насыщенных паров, МПа, при температуре: $+45^0\text{C}$ $-20^0\text{C}$	1,57 0,157	1,57 ---
Жидкий остаток при $20^0 \text{ C}$ , % объемных, не более	1	2
Содержание: метана, этана и этилена пропана и пропилена бутана и бутилена	4 75 26	6 34 60

*Сжатые газообразные топлива - (СПГ)*

По сравнению с СНГ сжатый природный газ при использовании в ГБА имеет преимущества:

- разведанных и освоенных запасов природного газа гораздо больше. Уже сейчас можно перевести на СПГ весь автомобильный парк страны;
- отработавшие газы содержат значительно меньше вредных веществ;
- сжатый газ при налаженном производстве дешевле сжиженного;
- СПГ легче воздуха, поэтому при утечках не образуются взрывоопасные конструкции, как у СНГ.

Вместе с тем сжатый природный газ имеет и ряд недостатков, сдерживающих его широкое применение:

- хранить СПГ приходится в сжатом виде, так как в сжиженное состояние он переходит трудно – при температуре минус 82 °С и давлении не ниже 4,5 МПа;
- большая масса баллонов значительно снижает грузоподъемность автомобиля;
- небольшой запас хода;
- сложность заправочного оборудования газонаполнительных станций.

Основные компоненты сжатых газов – метан  $\text{CH}_4$  (октановое число 104), окись углерода  $\text{CO}$  и водород  $\text{H}_2$  – получают из горючих газов (природных, попутных, нефтяных, коксовых и др.). Для сжатого газа применяют газобаллонные установки, рассчитанные на работу при высоком давлении – 19,6 МПа ( $196 \text{ кгс/см}^2$ ), т.к. метан характеризуется наивысшей критической температурой ( $-82^\circ\text{C}$ ). Для перевода метана в жидкое состояние необходимы следующие условия – температура  $-18^\circ\text{C}$  и давление около 20 МПа ( $200 \text{ кгс/см}^2$ ).

Метан обладает высокой теплотворностью, широкими пределами воспламеняемости, низким содержанием токсических веществ в продуктах сгорания, высокой детонационной стойкостью.

СПГ воспламеняются при температуре  $635-645^\circ\text{C}$  в камере сгорания ДВС, что в 3 раза выше температуры воспламенения бензина и затрудняет запуск двигателя особенно при пониженных температурах окружающего воздуха.

Таблица 2.10 - Сжатые газообразные топлива

Основные показатели		А (зимний)	Б (летний)
Содержание:	метан	95	90
	этан, не более	4	4
	пропан, не более	1,5	1,5
	бутан, не более	1	1
	пентан, не более	0,3	0,3
	двуокись углерода, не более	1	1
	кислород. Не более	1	1
	азот	0.....4	4.....7
Масса сероводорода, г/м <sup>3</sup> , не более		0,02	0,02
Масса меркаптановой серы, г/м <sup>3</sup> , не более		0,016	0,016
Масса механических примесей, г/м <sup>3</sup> , не более		0,001	0,001
Октановое число по моторному методу		103	102,3

## 2.10 Перспективные топлива для автомобилей

К газовым конденсатам относят жидкие углеводороды, конденсирующиеся при нормальных условиях из природных газов, находящихся в подземных пластах под давлением 4,9-9,8 МПа и температуре до 150 °С.

Уровень физико-химических и эксплуатационных свойств газоконденсатов (Gas condensate) близок к дизельным топливам, что позволяет применять их как топливные компоненты. Наиболее целесообразно использовать газовые конденсаты в качестве топлива для дизелей на местах их добычи без сложной переработки.

Газоконденсат представляет собой смесь жидких высококипящих углеводородов, которые могут быть разнообразны по своему строению. По внешнему своему виду газовый конденсат выглядит как жидкость либо совсем без цвета, либо имеющая слабую окраску. Температура кипения газового конденсата находится в диапазоне от 30 до 70 градусов по Цельсию. По своему составу газовый конденсат похож на состав керосиновой или бензиновой фракции нефти, а также и их смеси. Из-за роста добычи природного газа извлечение газового конденсата является приоритетной задачей. Газоконденсаты называют светлыми нефтями, так как они не содержат асфальтосмолистых веществ.

Для доставки газового конденсата на переработку обычным наливным транспортом, его стабилизируют ректификацией или выдерживают при атмосферном давлении и повышенной температуре для удаления летучих фракций и получают газовый конденсат стабильный (КС). Степень удаления летучих фракций определяется исходя из ТУ на ДПР (давления насыщенных паров по Рейду) для цистерн и хранилищ. Согласно рекомендациям API (Американский нефтяной институт), давление паров по Рейду для рыночного сырья не должно превышать 10 psi (69 кПа) при стандартной температуре (в США это 15°C). Этот показатель обусловлен допустимым избыточным давлением в вертикальных резервуарах. Превышение ДПР допустимо, но будет приводить к испарению газоконденсатного сырья в процессе хранения, так как резервуары снабжены дыхательными клапанами.

Газоконденсатное топливо токсично и взрывоопасно, оно оказывает вредное воздействие на центральную нервную систему человека, раздражает кожные покровы, слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей. Предельная концентрация паров углеводородов в пересчете на углерод составляет 300 мг/м<sup>3</sup>. Взрывоопасные смеси образуются при объемном содержании газовых конденсатов в воздухе 1,4% (нижний предел) и 8% (верхний предел). Температура вспышки паров топлива -5 °С, а самовоспламенения +250-370 °С. Определенную опасность представляет образование искры в процессе работы с топливом.

Газоконденсатное топливо обладает низкой детонационной стойкостью и в основном используется в качестве дизельного топлива марок ГШЗ и ГШЛ.

ГШЗ — газоконденсатное широкофракционное топливо, получают на Севере прямой перегонкой газового конденсата или путем смешивания дизельных фракций газового конденсата с дизельным топливом, используют при температуре окружающей среды —35 °С и выше.

ГШЛ получают в Средней Азии прямой перегонкой газового конденсата или путем смешивания дизельных фракций газового конденсата с товарными дизельными топливами, применяют при температурах окружающей среды выше —5 °С.

Вследствие меньшей плотности газоконденсатного топлива уменьшается подача его в двигатель и при неизменной регулировке топливной аппаратуры мощность дизеля снижается примерно на 7% по сравнению с дизельным топливом

Таблица 11 – Основные показатели качества газоконденсатных топлив

Наименование показателей	Газовый конденсат ГШЗ	Газовый конденсат ГШЛ
Цетановое число, не менее	40	42
Фракционный состав, °С:		
$t_{50\%}$ , не выше	260	260
$t_{96\%}$ , не выше	340	360
Кинематическая вязкость при 20°С, мм <sup>2</sup> /с	1,45	2,0
Температура помутнения, °С, не выше:		
для умеренной климатической зоны	-25	-5
для холодной климатической зоны	-35	---
Температура застывания, °С, не выше		
для умеренной климатической зоны	-35	-15
для холодной климатической зоны	-45	---
Температура вспышки (в закрытом тигле), °С не ниже/не выше для дизельных ДВС общего назначения	- /12	- /15

Использование газовых конденсатов в качестве моторного топлива сведено к минимуму из-за следующих недостатков: вредное воздействие на центральную нервную систему, недопустимое искрообразование в процессе работы с топливом, снижение мощности двигателя (на 20%), повышение удельного расхода топлива.

### *Топлива ненефтяного происхождения*

Современные условия характеризуются ухудшением перспектив обеспечения в полном объеме автомобильного транспорта нефтяным топливом. Одним из перспективных путей решения этой задачи считается частичная или полная замена нефтяного топлива топливом ненефтяного происхождения, которые должны обладать такими физико-химическими свойствами, которые не приводили бы к коренному изменению конструкции ДВС, топливной аппаратуры и условий хранения топлива. Основными видами перспективных топлив являются:

#### *1 Синтетические спирты:*

– (этанол и метанол) характеризуются высокими октановыми числами, меньшей по сравнению с бензином теплотворной способностью, высокой скрытой теплотой испарения, низкой упругостью паров и температурой кипения. Метанол обуславливает рост мощности и КПД двигателя; снижается теплонапряженность деталей цилиндропоршневой группы, отсутствует закоксовывание и нагарообразование; обеспечивается работа ДВС на бедных смесях при  $\alpha = 1,05 \dots 1,1$ .

Повсеместное применение спиртов пока не представляется возможным, т.к. влечет за собой изменение конструкции топливной аппаратуры, ДВС и автомобиля. Метанол может быть практически использован в качестве добавки к бензину. Применение такой смеси (до 15% метанола и 7% стабилизатора - изобутилового спирта, при таком составе в среднем на 3-8 единиц повышается октановое число бензина)

позволит на 6% повысить динамические качества автомобиля и на 3-5% - мощность ДВС, повысить экономичность на 14%; устойчивый пуск холодного ДВС обеспечивается до  $-26^{\circ}\text{C}$ . Смесь практически непригодна для эксплуатации при попадании в нее воды от 0,2 до 1%.

Спирт этанол в ДВС может применяться как самостоятельное топливо, так и в смеси с бензином. Как топливо, он превосходит метанол по целому ряду показателей.

## 2 Метилтретичнобутиловый эфир (МТБЭ) - $\text{CH}_3\text{OC}_4\text{H}_9$ :

-рассматривается сегодня как одно из перспективных направлений. Используется как добавка к бензину. Добавка 10% МТБЭ повышает октановое число бензина по исследовательскому методу на 2,1-5,9 ед., 20% - на 4,6-12,6 ед. Кроме этого, несколько улучшаются мощностные и экономические показатели ДВС, снижается токсичность отработавших газов на 10%, расход бензина на 3%.

## 3 Водород:

Особое место среди различных альтернативных видов топлива для автомобильного транспорта занимает водород. Наиболее характерные особенности водорода:

- водород самый лёгкий элемент, даже в жидком состоянии он примерно в 14 раз легче воды;
- в единице массы водорода содержится в 3 раза больше тепловой энергии, чем все известные ископаемые топлива. Однако, чтобы его разместить, необходимы довольно большие объёмы;
- водород обладает способностью моментально смешиваться с другими газами и, в частности, с воздухом атмосферы. Смесь водород-воздух воспламеняется при содержании водорода от 4.....74%;
- водород горит в газообразном состоянии при температуре свыше  $500^{\circ}\text{C}$  с образованием паров дистиллированной воды (в жидком и твёрдом состоянии он не горит). Для сжигания 1 кг водорода необходимо в 2 раза больше воздуха, чем для сжигания бензина;
- отработавшие газы при работе на водороде не содержат окиси углерода, углеводородов, окислов свинца, а окислы азота присутствуют в меньших количествах, чем при работе двигателя на бензине.

Объёмная энергоёмкость водорода низка из-за малой плотности. Скорость сгорания горючей смеси, содержащей водород, в 6 раз превышает скорость сгорания бензино-воздушной смеси, что приводит к большим тепловым и механическим нагрузкам на детали двигателя. Наиболее благоприятное соотношение водорода и воздуха 1 : 10. Водород отличается малым нижним пределом воспламеняемости смеси (соотношение водорода и воздуха 1 : 25) и очень малой энергией воспламенения (в 12....14 раз меньше, чем у бензина). Эти свойства водорода вызывают нарушение нормального протекания рабочего процесса в двигателях с искровым зажиганием

Водород используется в виде добавки к бензовоздушной смеси (бинарная система питания) - (в пределах 20% от основного топлива), что не требует изменения конструкции системы питания и ДВС; в этом случае его использование возможно в сжатом виде. Если водород добавлять на режиме холостого хода, малых и средних нагрузках, то обеспечиваются оптимальные мощностные и динамические показатели автомобиля, что позволяет сэкономить 50-55% бензина.

При использовании водорода в чистом виде необходимо значительно усложнять конструкцию системы питания и двигателя в целом.

#### 4 Вода как добавка к топливу:

– водотопливные эмульсии (ВТЭ) – основные физико-химические свойства их практически идентичны базовому бензину. Антидетонационные свойства ВТЭ намного выше, чем у базовых бензинов. Способы добавления воды в топливо:

---впрыск воды во впускной коллектор двигателя (эффективное использование в карбюраторных ДВС бензинов с низким октановым числом на 6-8 ед. ниже рекомендованных для данного ДВС). Обеспечивается с помощью несложного приспособления, подающего воду во впускной корректор (только на режимах средних и максимальных нагрузок). При этом сохраняются и даже увеличиваются экономические и мощностные характеристики ДВС, отсутствуют повышенные износы и коррозия ДВС.

---впрыск воды непосредственно в цилиндры ДВС, при этом достигается такой же эффект, как при впрыске воды во впускной коллектор. Недостаток – довольно сложная конструкция приспособления для впрыска топлива.

#### 5 Применение аммиака:

Аммиак привлекает внимание в качестве моторного топлива вследствие его низкой стоимости, практически неограниченной сырьевой базой и доступностью. При полном сгорании аммиака образуется только один вредный компонент –  $\text{NO}_x$ , причём в незначительных количествах, так как температуры горения аммиачно-воздушных смесей сравнительно невысоки. Из аммиака можно получать водород. Запас топлива можно хранить при более высоких температурах – при давлении 0,6–0,7 МПа аммиак сжижается. Температура кипения – минус 33,4 °С.

При горении в цилиндрах аммиак характеризуется высокими температурами воспламенения (необходимы свечи с высоким энергетическим уровнем зажигания), а также вялым горением, обусловленным низкой температурой пламени (1955°К по сравнению с 2336°К для бензина при  $\alpha = 1$ ). Не оказывает существенного влияния даже значительное увеличение степени сжатия. В качестве интенсификаторов воспламенения могут быть использованы:

- впрыск запального топлива, например, дизельного с высоким цетано-вым числом;
- активирующие присадки, например амилнитрат (ЦЧ = 100);
- активные газы (водород, ацетилен);
- модернизация камеры сгорания – сферическая с электродами запальной свечи в центре.

Содержание единственного токсичного компонента  $\text{NO}_x$  минимально.

### 3.1 Моторные масла

Моторными маслами называются смесь углеводородов, имеющих температуру кипения свыше  $350^{\circ}\text{C}$ . Основная функция, которую выполняют моторные масла – снижение трения и износа трущихся деталей ДВС за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки. Все моторные масла содержат смолы, и чем масло светлее, тем оно высококачественнее и тем лучше оно очищено от смол.

Основная функция моторного масла— снижение трения и износа трущихся поверхностей деталей двигателя за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки.

Одновременно моторные масла должны обеспечивать:

- уплотнение зазоров в сопряжениях работающего двигателя и, в первую очередь, деталей цилиндра-поршневой группы;
- эффективный отвод тепла от трущихся поверхностей деталей, удаление из зоны трения продуктов износа и других посторонних веществ;
- надежную защиту рабочих поверхностей деталей двигателя от коррозионного воздействия продуктов окисления масла и сгорания топлива;
- предотвращение образования всех видов отложений (нагары, лаки, зольные отложения, шламы) на деталях двигателя при его работе на различных режимах;
- высокую стабильность при окислении, механическом воздействии и обводнении, т.е. сохранение первоначальных свойств как в многообразных условиях применения, так и при длительном хранении;
- малый расход масла при работе двигателя;
- большой срок службы масла до замены без ущерба для надежной работы двигателя.

Для выполнения этих функций моторные масла должны удовлетворять следующим эксплуатационным требованиям:

- обладать оптимальными вязкостными свойствами, обеспечивающими надежную и экономичную работу двигателей на всех эксплуатационных режимах;
- иметь хорошую смазывающую способность для предотвращения интенсивного изнашивания трущихся поверхностей деталей;
- обладать достаточной химической стойкостью, обеспечивающей минимальное изменение свойств смазочного материала в процессе применения, а также небольшое образование коррозионно-активных продуктов и вредных отложений, что позволяет увеличить продолжительность работы смазочных материалов при минимальном коррозионно-механическом изнашивании сопряжений двигателя;
- обладать устойчивостью к испарению, вспениванию и образованию эмульсий, а также к выпадению присадок;
- надежно защищать трущиеся поверхности и другие металлические детали от атмосферной коррозии.

Кроме того, современные моторные масла должны обеспечивать:

- высокие моющие, диспергирующе-стабилизирующие способности по отношению к различным нерастворимым загрязнениям, обеспечивать чистоту деталей двигателя;
- высокую термическую и термоокислительную стабильность, позволяющую использовать масла для охлаждения поршней, повышать предельный нагрев масла в камере, увеличивать срок замены;

- достаточно высокие противоизносные свойства, обеспечиваемые прочностью масляной пленки, нужной вязкостью при высокой температуре и высоком градиенте скорости сдвига, способностью химически модифицировать поверхность металла при граничном трении и нейтрализовать кислоты, образующиеся при окислении масла и из продуктов сгорания топлива;
- отсутствие коррозионного воздействия на материалы деталей двигателя как в процессе работы, так и при длительных перерывах;
- стойкость к старению, способность противостоять внешним воздействиям с минимальным ухудшением свойств;
- пологую вязкостно-температурную характеристику, обеспечивать холодный пуск, прокачиваемость при холодном пуске и надежное смазывание в экстремальных условиях при высоких нагрузках и температуре окружающей среды;
- совместимость с материалами уплотнений, совместимость с катализаторами системы нейтрализации отработавших газов;
- высокую стабильность при транспортировании и хранении в регламентированных условиях;
  - малую вспениваемость при высокой и низкой температурах;
  - малую летучесть, низкий расход на угар (экологичность);
  - энергосберегающие масла должны обладать хорошей антифрикционностью и благоприятными реологическими свойствами.

Основные свойства моторных масел:

1) *Вязкость*, (измеряется в сантистоксах вискозиметром) от которой зависит режим смазки (важнейшее свойство масел) пар трения, отвод тепла от рабочих поверхностей и уплотнение зазоров и пр. Вязкость масла для ДВС влияет на надежность прокачивания масла по системе смазки, на легкость и быстроту пуска ДВС, уплотнение поршневых колец в цилиндре, на степень очистки масла в фильтрах. Вязкость при температуре 100<sup>0</sup>С включается в маркировку всех моторных и некоторых трансмиссионных масел. Масла с чрезмерно низкой вязкостью легко выдавливаются из зазоров между деталями (ведет к повышенному износу механизмов и увеличению расхода масла). При высокой вязкости затрудняется подача масла в зазоры и сильно возрастает расход энергии на относительное перемещение смазанных или погруженных в масляную ванну деталей. Вязкость масла должна минимально изменяться как при пониженной, так и при повышенной температурах. Вязкость моторных масел находится в пределах 6 – 16 сСт (мм<sup>2</sup>/с).

2) *Индекс вязкости (ИВ)* характеризует вязкостно-температурные свойства моторных масел, от которых зависят легкость пуска ДВС и износ его деталей при низких температурах. Т.е., это условный показатель, характеризующий степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры. Чем выше ИВ, тем лучше вязкостно-температурные свойства масел, тем качественнее масло, для автомобильных масел он должен быть не менее 90.

Практически ИВ вычисляют по формуле (3.1), (ГОСТ 25371—82)

$$\text{ИВ} = \frac{V - V_1}{V - V_2} \quad \text{или} \quad \text{ИВ} = \frac{V - V_1}{V - V_3}, \quad (3.1)$$

где  $v$ — кинематическая вязкость масла при  $40^{\circ}\text{C}$  с ИВ = 0 и имеющим при  $100^{\circ}\text{C}$  такую же кинематическую вязкость, как испытуемое масло,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;

$v_1$ — кинематическая вязкость испытуемого масла при  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;

$v_2$ — кинематическая вязкость масла при  $40^{\circ}\text{C}$  с ИВ = 100 и имеющим при  $100^{\circ}\text{C}$  такую же кинематическую вязкость, как испытуемое масло,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;

$$v_3 = v - v_2.$$

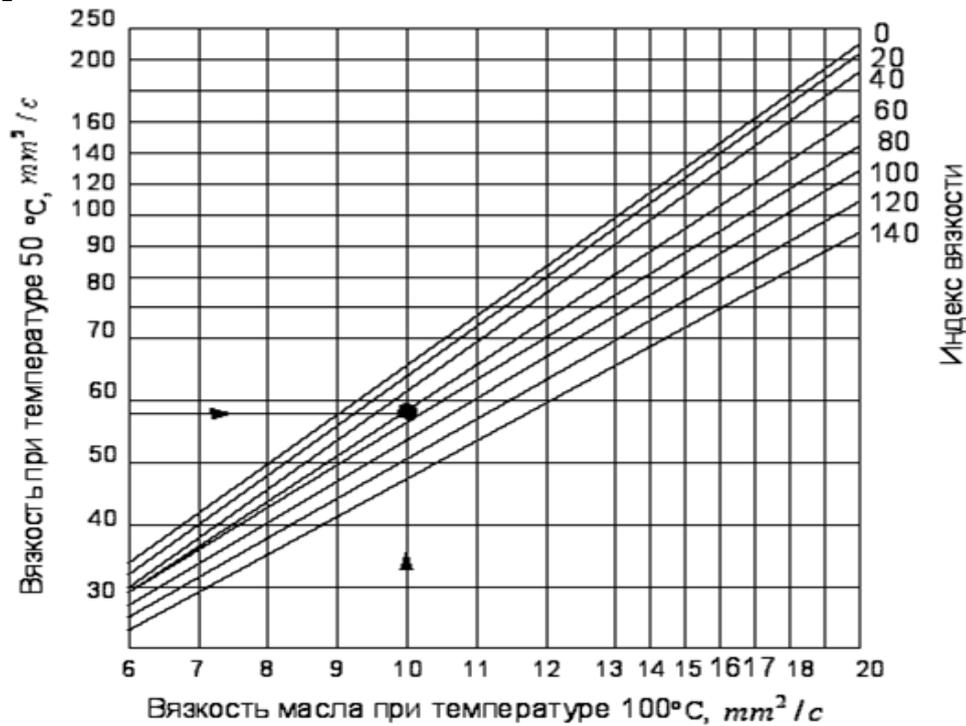
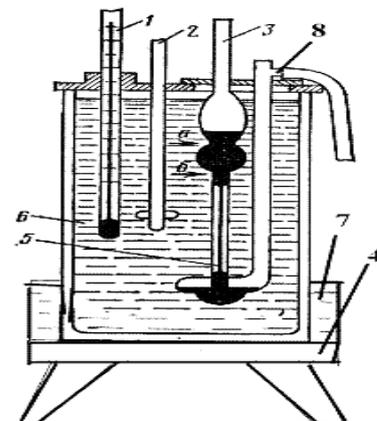


Рисунок 3.1 - Номограмма для определения индекса вязкости

Высокий индекс вязкости указывает на сравнительно незначительное изменение вязкости от температуры. Малый индекс вязкости масла указывает на резкое увеличение вязкости при понижении его температуры. Резкое возрастание вязкости при понижении температуры, например, при пуске двигателя и его прогреве после пуска, увеличивает силы трения в двигателе, что ухудшает его пусковые качества и увеличивает расход топлива.



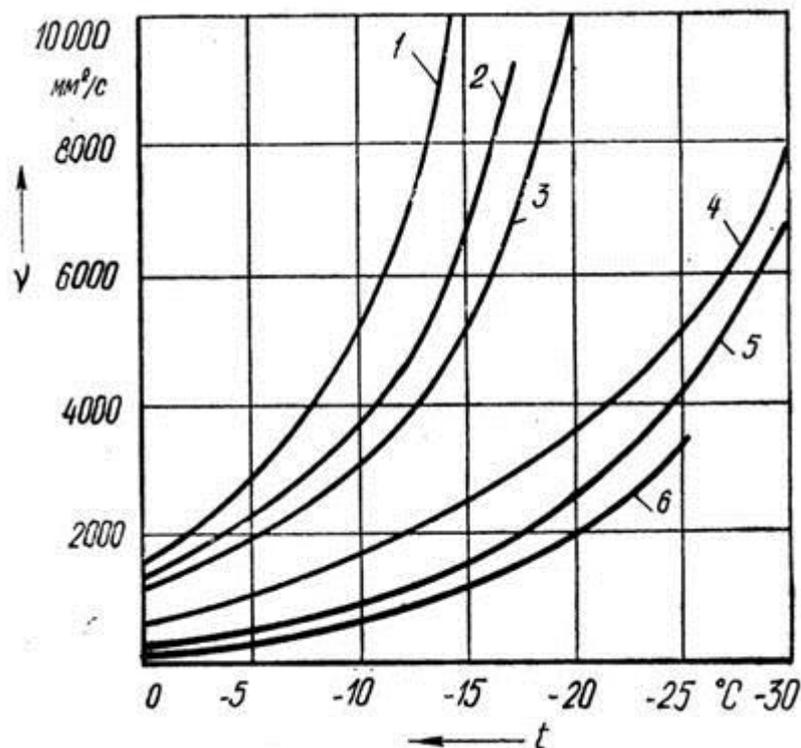
1-термометр; 2-мешалка; 3-вискозиметр; 4-электроплитка; 5-капилляр;  
6-термостат; 7 - водяная баня; 8-отводная трубка.

Рисунок 3.2 - Прибор для определения кинематической вязкости масла

Загущенные моторные масла имеют достаточный уровень вязкости при рабочих

температурах и низкую вязкость при отрицательных температурах пуска. Индекс вязкости загущенных моторных масел находится в пределах 115–140 против 80–90 у незагущенных. Кроме того, при высоких скоростях сдвига загущенные масла способны снижать вязкость, приближаясь к уровню нефтяной основы. Это благоприятно влияет на экономические показатели двигателя автомобиля.

Повышение экономических характеристик двигателя достигается облегчённым пуском, быстрым прогревом, снижением механических потерь и повышением мощности до 7%.



1-М-10Г<sub>2</sub>; 2- М-8В; 3- М-8ДМ; 4- М-8<sub>3</sub>; 5- М-6Г<sub>2</sub>; 6- М-4<sub>3</sub>/8В<sub>2</sub>

Рисунок 3.3 - Вязкостно-температурные характеристики моторных масел

Для описания зависимости вязкости моторных масел от температуры практически используют уравнения Вальтера и советского химмотолога Рамайя.

Формула Вальтера в экспоненциальной форме имеет вид (3.2)

$$(V_t + \alpha) = e^{\frac{\alpha}{T}}, \quad (3.2)$$

где  $V_t$  - кинематическая вязкость, мм<sup>2</sup>/с, при температуре  $t$  °C;

$T$  - абсолютная температура;

$\alpha$  - коэффициент, зависящий от индивидуальных свойств жидкости.

Формула Рамайя имеет вид (3.3)

$$\sqrt{Lg \rho} = A + \frac{B}{T}, \quad (3.3)$$

где  $Lg$  - логарифм;

$\rho$  - динамическая вязкость масла;

$T$  - абсолютная температура;

$A$  и  $B$  — коэффициенты, постоянные для данного масла.

### 3) Присадки к маслам:

---депрессаторные – для снижения уровня температуры застывания масла;

---антифрикционные – для снижения или стабилизации коэффициента трения соприкасающихся поверхностей;

---моющие (зольные и беззольные, вводят в базовые масла до 10%) – для удержания продуктов окисления масла во взвешенном состоянии; моющие присадки препятствуют прилипанию продуктов окисления масла к поверхности нагретых деталей, снижают образование лаковых отложений на поршне ДВС в 3-6 раз. **Моющие свойства** масел оценивают в баллах от 0 до 6 (максимальное лаковое отложение) по методу ПЗВ;

---противокоррозионные – для снижения коррозии подшипников, деталей ЦПГ, особенно при работе ДВС на топливе с повышенным содержанием серы;

---антиокислительные – вводятся в масла для предотвращения образования лаковых отложений на наружных и внутренних стенках поршней, головках шатунов, стержнях клапанов; повышают устойчивость масел против окисления; для замедления процесса образования перекисей и кислот;

---противопенные – для торможения пенообразования масла, т.к. в процессе работы масла способны сильно вспениваться;

---противоизносные – хорошо адсорбируются на деталях ДВС, образуя на них тонкую прочную масляную пленку;

---многофункциональные присадки – одновременно улучшают несколько свойств моторных масел, например, присадка МНИ-ИП-22к (антиокислительная, антикоррозионная, моющая);

В дизельных маслах отсутствует ряд присадок, необходимых для работы двигателей, работающих на бензине, например, сукципимидов, препятствующих образованию низкотемпературных отложений. В то же время концентрация моющих присадок в дизельных маслах, а следовательно, их зольность, существенно выше, чем в бензиновых. Этим объясняются ограничения на применение дизельных масел в бензиновых двигателях.

4) *Кислотное число (КЧ) масла* определяют по количеству миллиграмм щелочи (КОН), необходимой для нейтрализации кислот, содержащихся в 1 г масла. КЧ масла без присадок лежит в пределах от 0,02 до 0,2, а в маслах с присадками – до 3 мг КОН на 1 г масла.

О коррозионности масла судят по КЧ, чем оно ниже, тем выше коррозионная активность масла. Кислотное число свежего масла не превышает 0,4 мг КОН на 1 г масла, что связано с неполным удалением органических кислот в процессе очистки.

5) *Температура застывания* - температура, при которой масло теряет текучесть. Нижний температурный предел применения масла на 8-12<sup>0</sup>С выше температуры застывания. При понижении температуры масло застывает, теряет подвижность и текучесть (прокачиваемость) в следствии увеличения вязкости, не участвует в смазке деталей.

6) *Щелочное число (ЩЧ)* – (2 – 10 мг КОН на 1 г масла) определяется косвенным методом и характеризует содержание присадок в масле. Показатель масла РН – количество отрицательно заряженных нейтронов (РН=4 у работающего масла- кислая среда,

РН=6 – нейтральная среда, РН=8-12 – у неработающего масла – щелочная среда, РН=1 – присадки отсутствуют, т.е. масло полностью отработало свой срок). Щелочной запас масла служит для нейтрализации продуктов неполного сгорания топлива и предотвращения их коррозионного воздействия на детали ДВС. Скорость расходования и исходное значение ЩЧ определяют величину коррозионного износа деталей ДВС.

7) *Температура вспышки* (165-220<sup>0</sup>С) – это наименьшая температура, при которой пары нагретого масла образуют с воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении пламени. По ней судят об огнеопасности масла и наличии в нем легкоиспаряющихся углеводородов, а также разбавлении масла топливом. Чем ниже эта температура, тем лучше испаряемость масла и тем большим будет его расход, тем большим будет нагарообразование в ДВС. Понижение температуры вспышки масла свидетельствует о разбавлении масла топливом.

8) *Вода в масле* – не допускается. Вода вызывает образование пены и эмульсии, которые, заполняя масляные каналы, ухудшают условия смазки трущихся деталей и способствуют образованию осадков, вызывают коррозию деталей, разрушают и вымывают присадки.

9) *Содержание водорастворимых кислот и щелочей, а также механических примесей* – в масле не допускается. Они ухудшают смазочные свойства моторного масла, усиливают их коррозионное воздействие и способствуют износу деталей механизмов;

10) *Коксуемость масла* характеризует его способность образовывать при сгорании нагары в виде кокса, который закоксовывает поршневые кольца, забивает дренажные отверстия, масляные каналы и т.д.

11) *Осадкообразование* в ДВС – (вызывают закупоривание маслопроводных каналов, маслопроводов и фильтров; нарушают нормальную подачу масла; выплавляют вкладыши подшипников; задирают шейки коленчатых валов; способствуют пригоранию поршневых колец; ухудшают качество моторного масла; приводят к загрязнению отложениями цилиндров и поршней ДВС). Причины осадкообразования в ДВС:

- попадание воды в масло;
- плохая вентиляция картера ДВС;
- снижение температуры охлаждающей жидкости;
- тяжелый фракционный состав топлива;
- плохое смесеобразование и сгорание горючей смеси;
- режим работы ДВС (наиболее опасен легкий режим).

12) *Температура застывания* (температура начала текучести) – самая низкая температура, при которой масло еще обладает некоторой текучестью. Определяемая в стандартных условиях температура застывания на 3<sup>0</sup>С выше действующей температуры затвердевания, при которой в течение 5 с масло находится в неподвижном состоянии.

Температура застывания служит предельной минимальной температурой разлива и, частично, эксплуатации масла. Минимальная температура эксплуатации моторных масел определяется по низкотемпературным характеристикам вязкости и перекачки. Застывание - свойство, определяющее потерю текучести масла. При понижении температуры до определенной величины текучесть масла снижается, а при дальнейшем понижении оно застывает. С увеличением вязкости масла из него выделяются наиболее высокоплавкие углеводороды (парафин, церезин), а при полной потере текучести масла микрокристаллы твердых углеводородов (парафина) образуют пространственную кристаллическую решетку, связывающую все масло в единую неподвижную массу.

Нижний температурный предел применения масла примерно на 8-12°C выше температуры застывания и определяется по формуле (3.4)

$$t_{\text{ОВ}} = t_3 - (8-12), \quad (3.4)$$

где  $t_{\text{ОВ}}$  - нижний температурный предел окружающего воздуха (применения данной марки моторного масла), °C;

$t_3$  - температура застывания определенной марки масла, регламентируемая стандартом, °C.

Снижения температуры застывания масел добиваются путем депарафинизации (частичного удаления парафинов) или добавлением присадок-депрессоров в процессе их производства. Депрессоры предотвращают образование кристаллической решетки, когда кристаллы парафина объединяются в объемные структуры. Понижая температуру застывания масла, депрессоры не влияют на его вязкостные свойства.

13) *Температура помутнения* – та, при которой появляются мелкие кристаллы парафина и масло мутнеет. В последующем кристаллы образуют каркас и масло теряет подвижность. Между кристаллами масло остается еще жидким и при сильном встряхивании текучесть масла может восстановиться. Температура помутнения зависит от скорости охлаждения, термической обработки масла и от механических воздействий.



Рисунок 3.4 – Маркировка моторного масла

1 – назначение (M – моторное);

2 – класс вязкости (средняя кинематическая вязкость в сантистоксах (сСт) при 100°C); у всесезонных масел присутствует дробная черта, слева от которой указывается цифра, характеризующая низкотемпературные свойства (при -18°C), аналогичные указанному зимнему маслу, а справа – класс вязкости (средняя кинематическая

вязкость в сантистоксах (сСт) при 100°C), существующие классы вязкости: от 1 до 6;  
 3 – наличие вязкостной присадки (з – загущающая присадка);  
 4 – кинематическая вязкость при 100<sup>0</sup>С, сСт;  
 5 – эксплуатационная группа  
 6 – индекс (тип двигателя, для которого предназначено масло: 1 – бензиновые двигатели, 2 – дизельные двигатели, нет данного индекса – масло универсальное);  
 7 – дополнительные индексы, указывающие на особые свойства, присадки, и т.п. (рк – рабочее-консервационные, цл – для циркуляционных и лубрикаторных смазочных систем, 20 или 30 – значение щелочного числа в мг КОН/г, к – для автомобилей КамаЗ, т – может быть использовано, как трансмиссионное, м – малозольное, и – импортный пакет присадок).

Таблица 3.1 - Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам и их примерное соответствие классификации API

ГОСТ	API	Рекомендуемая область применения
A	SB	Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Б1	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
	Б2	Малофорсированные дизели
В	В1	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов
	В2	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений
Г	Г1	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений всех видов и коррозии
	Г2	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Д1	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел группы Г
	Д2	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений
Е	Е1	Высокофорсированные бензиновые двигатели и дизели, работающие в эксплуатационных условиях более тяжелых, чем для масел групп Д1 и Д2
	Е2	Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами

Пример маркировки: М-10-Г<sub>2</sub>к – М – моторное масло, 10 – класс вязкости (средняя кинематическая вязкость при 100°C), масло летнее, Г – предназначено для высокофорсированных двигателей, 2 – для дизельных двигателей, к – для автомобилей КамаЗ; М-5з-Г<sub>1</sub> – М – моторное масло, 5 – класс вязкости (средняя кинематическая вязкость при 100°C), масло зимнее, вязкость при -18°C не выше 6000 сСт, з – содержит загущающую присадку, Г – предназначено для высокофорсированных двигателей, 1 – для бензиновых двигателей; М-4з/8-Д<sub>2</sub>т – М – моторное масло, 4 – класс вязкости при

-18°С (кинематическая вязкость не выше 2600 сСт, 8 – класс вязкости (средняя кинематическая вязкость при 100°С), «/»– масло всесезонное, вязкость, з – содержит загущающую присадку, Д<sub>2</sub> – предназначено для высокофорсированных двигателей с наддувом, т – может быть использовано, как трансмиссионное.

Таблица 3.2 – Основные показатели некоторых масел для бензиновых двигателей

Марки масел	Основные показатели					
	Вязкость при 100°С, сСт	Индекс вязкости не ниже	Тем-ра вспышки	Тем-ра застывания	Щелочное Число, мг КОН не выше	Зольность сульфатная %,
М-8В1	8	90	200	-25	4	1,0
М-10В1	10	90	205	-15	6, 5	1,1
М-8Г1	8	100	200	-30	6,0	1,2
М-10Г1	10	125	205	-15	6,0	0,95
М-6з/12Г1	12	115	210	-30	6,0	1,3
М-12Г1	12	95	220	-25	8,5	1,1
М-5з/Г1	10	120	200	-38	6,0	0,9
М-4з/6В1	6	125	165	-42	6,0	1,3
М-8В	8	93	207	-25	6,0	0,95
М-8Г2к	8	90	200	-30	6,0	1,0
М-10Г2к	10	85	205	-15	6,0	0,95
М-8Дм	8	102	195	-35	5,5	1,5
М-10Дм	10	90	220	-18	6,0	1,5

Примечание. Допускается отклонение кинематической вязкости моторного масла в пределах плюс-минус 0,5 сСт.

Таблица 3.3 – Основные показатели некоторых масел для дизельных двигателей

Показатели качества	М-8В <sub>2</sub>	М-10В <sub>2</sub>	М-8Г <sub>2</sub>	М-10Г <sub>2</sub>	М-8Г <sub>2к</sub>	М-10Г <sub>2к</sub>
Кинематическая вязкость, сСт при 100°С, при 0°С (не более)	8±0,5 1200	11±0,5 ---	8±0,5 1200	11±0,5 ---	8±0,5 1200	11±0,5
Индекс вязкости	90	90	90	90	95	90
Зольность, %	1,3	1,3	1,65	1,65	1,15	1,15
Щелочное число, мг/г	3,5	3,5	6,0	6,0	6,0	6,0
Моющие свойства ПЭВ, баллы (не более)	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
Тем-тура вспышки, °С	200	205	200	205	200	205
Тем-тура застывания, °С	-25	-15	-25	-15	-30	-20
Содержание механических примесей, %	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Содержание воды, %	следы	следы	следы	следы	следы	следы

### 3.2 Моторные масла зарубежного производства

В настоящее время общепризнанной международной системой классификации моторных масел по вязкости является SAE J300, разработанная Обществом Автомобильных Инженеров США (Society of Automotive Engineers). Вязкость масла по этой

системе выражается в условных единицах - степенях вязкости. Чем больше число, входящее в обозначение класса SAE, тем выше вязкость масла.

Спецификация описывает три ряда вязкости масел: зимние, летние и всесезонные. Температурный диапазон моторного масла в основном определяется двумя его характеристиками: кинематической и динамической вязкостью. Кинематическая вязкость измеряется в капиллярном вискозиметре и показывает, насколько легко масло течет при данной температуре под действием силы тяжести в тонкой капиллярной трубке. Динамическая вязкость измеряется в более сложных установках - ротационных вискозиметрах. Она показывает насколько меняется вязкость масла при изменении скорости перемещения смазываемых деталей относительно друг друга. С увеличением скорости относительного перемещения смазываемых деталей вязкость снижается, а с уменьшением - возрастает.

Ряд зимних масел: SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W - обозначаются цифрой и буквой "W" (Winter-Зима). Для зимних классов установлены два максимальных значения низкотемпературной динамической вязкости и нижний предел кинематической вязкости при 100°C.

К низкотемпературным параметрам относятся:

Проворачиваемость - показывает динамическую вязкость моторного масла и температуру, при которой масло остается достаточно жидким, чтобы было возможно запустить двигатель.

Прокачиваемость - это динамическая вязкость масла, при которой масло сможет прокачаться по системе смазки и двигатель не будет работать в режиме сухого трения. Температура прокачиваемости ниже температуры проворачиваемости на 5 градусов.

Высокотемпературные свойства зимних масел характеризует минимальная кинематическая вязкость при 100°C - показатель, определяющий минимальную вязкость моторного масла при прогревом двигателя.

Ряд летних масел: SAE 20, 30, 40, 50, 60 - обозначаются цифрой без буквенного обозначения. Основные свойства летнего ряда масел определяется по:

- минимальной и максимальной кинематическим вязкостям при 100°C - показатель, определяющий минимальную и максимальную вязкость моторного масла при прогревом двигателя.
- минимальной вязкости при 150°C и скорости сдвига 106 с-1. Градиент скорости сдвига - это отношение скорости движения одной поверхности трения относительно другой к величине зазора между ними, заполненного маслом. С увеличением градиента скорости сдвига снижается вязкость масла, но она снова возрастает, когда скорость сдвига уменьшается.

Ряд всесезонных масел: SAE 0W-20, 0W-30, 0W-40, 0W-50, 0W-60, 5W-20, 5W-30, 5W-40, 5W-50, 5W-60, 10W-20, 10W-30, 10W-40, 10W-50, 10W-60, 15W-30, 15W-40, 15W-50, 15W-60, 20W-30, 20W-40, 20W-50, 20W-60. Обозначение состоит из комбинации зимнего и летнего ряда, разделенных тире. Всесезонные масла должны удовлетворять одновременно критериям и зимнего, и летнего масла. Чем меньше цифра, стоящая перед буквой W, тем меньше вязкость масла при низкой температуре, легче холодный пуск двигателя стартером и лучше прокачиваемость масла по смазочной системе. Чем больше цифра, стоящая после буквы W, тем больше вязкость масла при высокой температуре и надежнее смазывание двигателя при жаркой погоде.

Таким образом, класс SAE сообщает потребителю диапазон температуры окружающей среды, в котором масло обеспечит:

- проворачивание двигателя стартером (для зимних и всесезонных масел)
- прокачивание масла масляным насосом по смазочной системе двигателя под давлением при холодном пуске в режиме, не допускающем сухого трения в узлах трения (для зимних и всесезонных масел)
- надежное смазывание летом при длительной работе в максимальном скоростном и нагрузочном режиме (для летних и всесезонных масел).

Наиболее известной международной классификацией моторных масел по областям применения и уровню эксплуатационных свойств является классификация API (Американского института нефти).

Классификация API подразделяет моторные масла на две категории :

- S (Service) — для бензиновых двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов и легких грузовиков.
- C (Commercial) — для дизелей коммерческих автотранспортных средств (грузовиков), промышленных и сельскохозяйственных тракторов, дорожно-строительной техники.

Обозначение класса масла состоит из двух букв латинского алфавита: первая (S или C) указывает категорию масла, вторая — уровень эксплуатационных свойств. Чем дальше от начала алфавита вторая буква, тем выше уровень свойств (т.е. качество масла). Классы дизельных масел подразделяются дополнительно для двухтактных (CD-2, CF-2) и четырехтактных дизелей (CF-4, CG-4, CH-4). Большинство зарубежных моторных масел универсальные - их применяют как в бензиновых, так и в дизельных двигателях. Такие масла имеют двойное обозначение, например: SF/CC, CD/SF и т.д. Основное назначение масла указывают первые буквы, т.е. SF/CC - "более бензиновое", CD/SF - "более дизельное". Энергосберегающие масла для бензиновых двигателей дополнительно обозначаются аббревиатурой EC (Energy Conserving).

На сегодняшний день классификация API содержит 3 действующих класса категории "S" и 6 действующих классов категории "C". Но многие производители продолжают выпускать масла классов, исключенных из спецификации, поскольку автомобили со старыми двигателями продолжают эксплуатироваться, а значит, есть необходимость в этих маслах. Согласно рекомендаций API любой вышестоящий действующий класс категории "S" заменяет нижестоящий действующий класс. Для дизельных масел, вышестоящий действующий класс как правило, но не всегда, заменяет нижестоящий класс.

Таблица 3.4 - Классификация моторных масел по вязкости, назначению и уровням эксплуатационных свойств ГОСТ

Группы моторных масел по вязкости и их примерное соответствие классификации SAE					
ГОСТ	SAE	ГОСТ	SAE	ГОСТ	SAE
3з	5W	6	20	3з/8	5W-20
4з	10W	8	20	4з/6	10W-20
5з	15W	10	30	4з/8	10W-20
6з	20W	12	30	4з/10	10W-30
		14	40	5з/10	15W-30
		16	40	5з/12	15W-30
		20	50	5з/14	15W-40
		24	60	6з/10	20W-30
				6з/14	20W-40
				6з/16	20W-40

Таблица 3.5 – Классификация моторных масел

Классификация моторных масел по SAE			Классификация моторных масел по API		
Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100 <sup>0</sup> С, мм <sup>2</sup> /с		Группа масел	Область применения	
	Min	Max			
0W	3,8	–	<b>Категория S – бензиновые двигатели</b>	SA	Двигатели, работающие в лёгких условиях
5W	3,8	–		SB	Двигатели, работающие при умеренных нагрузках
10W	4,1	–		SC	Двигатели, работающие с повышенными нагрузками (до 1964 г . выпуска)
15W	5,6	–		SD	Двигатели, работающие в тяжёлых условиях (до 1968 г .)
20W	5,6	–		SE	Двигатели, работающие в тяжёлых условиях (до 1972 г .)
25W	9,3	–		SF	Двигатели, работающие в тяжёлых условиях на неэтилированных бензинах
20	5,6	< 9,3		SG	Двигатели выпуска с 1989 г .
30	9,3	< 12,5		SH	Двигатели выпуска с 1994 г .
40	12,5	< 16,3		SJ	Двигатели выпуска с 1996 г .
50	16,3	< 21,9		<b>Категория C – дизели</b>	CA
60	21,9	< 26,1	CB		Двигатели без наддува, работающие при повышенных нагрузках на сернистом топливе
			CC		Двигатели, в том числе с умеренным наддувом, работающие в тяжёлых условиях
			CD		Двигатели с высоким наддувом, работающие в тяжёлых условиях на высокосернистом топливе
			CD-II		То же с учётом требований к двухтактным двигателям
			CE		Двигатели с высоким наддувом (с 1983 г .), работающие в тяжёлых условиях
			CF-4		Двигатели выпуска с 1990 г .
			CF-2		Улучшенные характеристики CD-II для двухтактных двигателей
			CG		Двигатели выпуска с 1994 г . Улучшены характеристики CF-4 и ужесточены требования к токсичности отработавших газов

Россия		SAE	
3 <sub>3</sub>		5W	
4 <sub>3</sub>		10W	
5 <sub>3</sub>		15W	
6 <sub>3</sub>		20W	
6		20	
8		20	
10		30	
12		30	
14		40	
16		40	
20		50	
24		60	
3 <sub>3</sub> /8		5W/20	
4 <sub>3</sub> /6		10W/20	
4 <sub>3</sub> /8		10W/20	
4 <sub>3</sub> /10		10W/30	
5 <sub>3</sub> /10		15W/30	
5 <sub>3</sub> /12		15W/30	
5 <sub>3</sub> /14		20W/30	
6 <sub>3</sub> /10		20W/30	
6 <sub>3</sub> /14		20W/40	
6 <sub>3</sub> /16		20W/40	

Аналоги классов по области применения моторных масел по классификации России и API			
Россия	API	Россия	API
А	SB	В <sub>2</sub>	CB
Б	SC/SA	Г	SE/CC
Б <sub>1</sub>	SC	Г <sub>1</sub>	SE
Б <sub>2</sub>	CA	Г <sub>2</sub>	CC
В	SD/CB	Д	CD
В <sub>1</sub>	SD	Е	□

### 3.3 Трансмиссионные масла

Основное назначение трансмиссионных масел – смазка высоконагруженных зубчатых механизмов силовой передачи, подшипников и других деталей и узлов автомобилей (коробки передач, редукторы ведущих мостов, раздаточные коробки и т.д.). Максимальное давление, испытываемое моторным маслом в ДВС не превышает  $1000 \text{ кг/см}^2$ , трансмиссионное масло – в 10-50 раз больше; т.е., оно работает в очень тяжелых условиях.

Рабочая температура масла в агрегатах трансмиссии транспортных машин и промышленных редукторах меняется в широких пределах: от температуры окружающего воздуха в момент начала работы до  $120...130^\circ\text{C}$  и даже  $150^\circ\text{C}$ .

Минимальная температура масла в агрегатах трансмиссии автомобилей в холодной зоне может достигать  $-60^\circ\text{C}$ , в умеренной зоне до  $-40^\circ\text{C}$ , а в жаркой до  $-10^\circ\text{C}$ .

Скорость скольжения (для различного типа передач от 1,5 до 25 м/с) и удельные нагрузки на поверхности зубьев шестерен (от 0,5 до 2 ГПа в полюсе зацепления, а в гипоидных передачах до 4 ГПа) во многом определяют тип применяемого масла в шестеренчатой передаче. При увеличении нагрузки смазочная пленка, разделяющая трущиеся поверхности, может начать разрушаться, что приведет к непосредственному контакту металлических поверхностей, их заеданию и катастрофическому износу. С увеличением скорости скольжения понижается температура, при которой начинается заедание, и появляются условия для катастрофического износа.

По уровню напряженности работы зубчатых передач трансмиссионные масла можно разделить на следующие виды:

- универсальные, обеспечивающие работу всех типов зубчатых передач и других трущихся деталей агрегатов трансмиссии;
- общего назначения, применяющиеся в цилиндрических, конических и червячных передачах автомобилей;
- масла для гипоидных передач грузовых и легковых автомобилей;
- для гидромеханических передач;
- для гидрообъемных передач..

Для обеспечения надежной работы современной техники трансмиссионные и редукторные масла должны отвечать следующим основным требованиям:

- обладать достаточным уровнем противоизносных и противозадирных свойств;
- иметь хорошие вязкостно-температурные свойства;
- не оказывать коррозионного воздействия на детали трансмиссии;
- иметь хорошую термоокислительную стабильность;
- обладать хорошими защитными свойствами;
- быть нетоксичными и иметь хорошую совместимость с материалами сальниковых уплотнений.

*Основные эксплуатационные свойства трансмиссионных масел:*

1) *Вязкость* – (10 – 18 сСт). Нижний допустимый уровень вязкости масла – более 5 сСт, при достаточно надежном уплотнении картеров редукторов. Максимальная вязкость, при которой допустима работа автомобильных трансмиссий – 35 сСт. При большей вязкости мощность ДВС может оказаться недостаточной для проворачива-

ния вращающихся деталей трансмиссии; неизбежны поломки агрегатов трансмиссии. При низких температурах окружающего воздуха с целью снижения динамической вязкости допускается добавлять в масло зимнее или арктическое дизельное топлива (до 20-30%); причем, смазывающие свойства масел при этом не изменяются. Вязкость должна быть определенной для каждого вида трансмиссии, т.к. влияет на интенсивность износа, на его просачивание через сальники и т.д.

2) *Смазывающая способность (или маслянистость)* – свойство масел адсорбироваться на твердой поверхности с образованием на ней тонкой прочной масляной пленки. Имеет большое значение в период пуска механизмов, и их остановок, связанных с невозможностью осуществления жидкостного трения. Наиболее прочно адсорбируются на поверхности кислоты, мыла и смолисто-асфальтовые вещества. Повышению смазочных свойств способствует добавление антифрикционных, противозносных и противозадирных присадок (но они могут вызвать коррозию цветных металлов). Маслянистость масла оценивается экспериментальным путем на машинах трения.

3) *Противозадирные свойства* – для их обеспечения в масла вводятся противозадирные присадки, имеющие в своем составе серу и хлор. С ростом нагрузок и с повышением скорости скольжения, температура в зазорах трансмиссии повышается и может возникнуть опасности сухого трения (появляется износ в виде задиров, питтинг).

4) *Антиокислительные, противокоррозионные и защитные свойства.* Трансмиссионное масло в процессе работы окисляется. Скорость и глубина окисления зависят от:

- продолжительности работы;
- температуры масла;
- каталитической активности металла;
- концентрации кислорода;
- промоторов окисления.

К последним относятся некоторые из присутствующих в масле присадок, в частности противозадирные.

Окисление масла оказывает отрицательное влияние не только на срабатывание присадок. В процессе окисления ухудшаются вязкостно-температурные свойства масел, происходит накопление кислых продуктов, способствующих повышению коррозии. Последняя резко возрастает с повышением температуры, но не бесконечно: при температуре около 170<sup>0</sup> С коррозионность масла ослабевает, что видимо связано с увеличением содержания в масле смол. Смолистые вещества отлагаются на металлических поверхностях, образуя лакообразные плёнки, которые препятствуют контакту металла с коррозионно-агрессивной средой.

Снижение коррозионной агрессивности достигается либо за счёт изменения содержания в масле присадок разного функционального назначения, либо за счёт добавления деактиватора или пассиватора металла. Наиболее высокими антикоррозионными свойствами из трансмиссионных масел обладают масла ТСп-15к и ТСз-9гип.

Повышение коррозионной агрессивности масел и особенно «ржавление» различных узлов и агрегатов возможно при обводнении смазочного материала. В зависимости от условий эксплуатации содержание воды в масле колеблется от десятых долей до нескольких процентов, иногда достигая 5...8 %. В воде содержится некоторое количество неорганических солей и коррозионно-агрессивных компонентов, попадаю-

щих извне, или образующихся в процессе старения масла. Это создает благоприятные условия для электрохимической коррозии, которая увеличивается при хранении. Для устранения коррозии в период остановки машины в масло вводят защитные присадки. Сочетанием в масле функциональных и защитных присадок получают рабочие-консервационные трансмиссионные масла, которые имеют определенный уровень эксплуатационных свойств и одновременно обладают защитной способностью, особенно проявляющейся в период хранения. К числу таких трансмиссионных масел относится универсальное масло ТМ5-12РК.

Таблица 3.6 – Основные показатели некоторых трансмиссионных масел

Марки масел	Вязкость кинематическая при 100 <sup>0</sup> С	Индекс вязкости, не менее	Температура застывания, <sup>0</sup> С	Класс вязкости по SAE
Тэп-15	15	80	-18	90W
ТСп-10	10	90	-40	80W
Тап-15В	14...16	130...140	-20	90W
ТСп-15К	15	90...105	-25	90W
ТАД-17и	17,5	110...120	-25	90W
ТМ-5-9А	10	120	-55	75W – 80W
ТМ-5-18РК	18	100	-40	80W-90W
ТСз-9 гип	9	120	-50	75W
ТСп-14 гип	14	90	-25	90W
МГТ	6 – 7	---	-55	75W
Марка А	7 – 8	---	-40	80W
Марка Р	3,4 – 4	---	-45	---

Таблица 3.7 – Показатели трансмиссионных масел класса вязкости 9

Характеристики трансмиссионных масел класса вязкости 9				
Показатели	ТСзп-8	ТСз-9гип	ТСп-10	МТ-8п
Вязкость:				
кинематическая, мм <sup>2</sup> /с, при 100 °С, не менее	7,5-8,5	9,0	10,0	8,0-9,0
динамическая, Па•с, при -45 (-35) °С, не более	-	150	(300)	-
Индекс вязкости, не менее	140	140	90	90
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	164	160	128	180
застывания, не выше	-50	-50	-40	-30
Массовая доля, %:				
механических примесей, не более	0,025	0,05	0,002	0,015
воды	Следы			
серы (хлора), не менее	0,7	(2,8)	1,6	-
фосфора, не менее	0,08	-	-	-
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	1,0	-	0,01
Испытание на коррозию пластинок из стали и меди	Выдерживает			
Смазывающие свойства на ЧШМ:				
индекс задира, Н, не менее	392	490	470	343

Продолжение таблицы 3.7

показатель износа при 20 °С, 1 ч, и нагрузке 392 Н, мм, не более	0,50	0,90	-	-
Нагрузка сваривания, Н, не менее	2764	3283	3479	-

Таблица 3.8 – Показатели трансмиссионных масел класса вязкости 18

Характеристики трансмиссионных масел класса вязкости 18					
Показатели	ТЭп-15	ТСп-15К	ТАп-15В	ТСп-14гип	ТАД-17и
<b>Вязкость:</b>					
кинематическая, мм <sup>2</sup> /с, при температуре					
50 °С	-	-	-	-	110-120
100 °С	15,0+1	15,0+1	15,0+1	>=14,0	>=17,5
динамическая, Па•с,					
при -15 (-20) °С, не более	200	75	180	(75)	-
Индекс вязкости, не менее	-	90	-	85	100
<b>Температура, °С:</b>					
вспышки в открытом тигле, не менее	185	185	185	215	200
застывания, не выше	-18	-25	-20	-25	-25
<b>Массовая доля, %:</b>					
механических примесей, не более	0,03	0,01	0,03	0,01	Отсутствие
	Следы				
воды	Следы			Отсутствие	Следы
фосфора, не менее	0,7	(2,8)	1,6	-	
серы	3,0	-	-	-	1,9-2,3
Водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	-	Отсутствие	-	-
Испытание на коррозию пластинок в течение 3 ч:					
из стали и меди при 100 °С	Выдерживает				
из меди при 120 °С, баллы, не более	-	2с	-	-	2с
Зольность, %	10,3	-	-	-	m0,3
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	-	-	-	2.0
Стабильность на приборе ДК-НАМИ (140 °С, 20 ч):					
изменение кинематической вязкости при 100 °С, %, не более	25,0	7,0	-	-	-
осадок в петролейном эфире, %, не более	0,7	0,005	-	-	-
Склонность к пенообразованию, см <sup>3</sup> , не более, при температуре:					
24°С	-	300	-	500	100
94°С	-	50	-	450	50
24°С после испытания при 94°С	-	300	-	550	100
Смазывающие свойства на ЧШМ:					
индекс задира, Н, не менее	-	539	490	588	568

Продолжение таблицы 3.8

показатель износа при осевой нагрузке 392 Н, (20+5)°С, 1 ч, мм, не более	0,55	0,50	-	-	40
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	-	-	6,0	5,0
Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup> , не более	950	910	930	910	907
нагрузка сваривания, Н, не менее	-	3479	3283	3920	3687

Таблица 3.9 – Классификация API трансмиссионных масел по уровню эксплуатационных свойств

Группа по API	Группа по ГОСТ	Свойства и область применения
GL-1	TM-1	Минеральные масла без присадок или с антиокислительными и противопенными присадками без противозадирных компонентов для применения, среди прочего, в коробках передач с ручным управлением с низкими удельными давлениями и скоростями скольжения. Цилиндрические, червячные и спирально-конические зубчатые передачи, работающие при низких скоростях и нагрузках.
GL-2	TM-2	Червячные передачи, работающие в условиях GL-1 при низких скоростях и нагрузках, но с более высокими требованиями к антифрикционным свойствам. Могут содержать антифрикционный компонент.
GL-3	TM-3	Трансмиссионные масла с высоким содержанием присадок с уровнем эксплуатационных свойств MIL-L-2105. Эти масла применяются предпочтительно в ступенчатых коробках передач и рулевых механизмах, в главных передачах и гипоидных передачах с малым смещением в автомобилях и безрельсовых транспортных средствах для перевозки грузов, пассажиров и для нетранспортных работ. Спирально-конические передачи, работающие в умеренно жестких условиях. Обычные трансмиссии со спирально-коническими шестернями, работающие в умеренно жестких условиях по скоростям и нагрузкам. Обладают лучшими противоизносными свойствами, чем GL-2.
GL-4	TM-4	Трансмиссионные масла с высоким содержанием присадок с уровнем эксплуатационных свойств MIL-L-2105. Эти масла применяются предпочтительно в ступенчатых коробках передач и рулевых механизмах, в главных передачах и гипоидных передачах с малым смещением в автомобилях и безрельсовых транспортных средствах для перевозки грузов и пассажиров и для нетранспортных работ. Гипоидные передачи, работающие в условиях высоких скоростей при малых крутящих моментах и малых скоростей при больших крутящих моментах. Обязательно наличие высокоэффективных противозадирных присадок
GL-5	TM-5	Масла для гипоидных передач с уровнем эксплуатационных свойств MIL-L-2105 C/D. Эти масла предпочтительно применяются в передачах с гипоидными коническими зубатыми колесами и коническими колесами с круговыми зубьями для главной передачи в автомобилях и в карданных приводах мотоциклов и ступенчатых коробках передач мотоциклов. Специально для гипоидных передач с высоким смещением оси. Для самых тяжелых условий эксплуатации с ударной и знакопеременной нагрузкой. Гипоидные передачи, работающие в условиях высоких скоростей при малых крутящих моментах и ударных нагрузках на зубья шестерен. Должны иметь большое количество серофосфорсодержащей противозадирной присадки

Продолжение таблицы 3.9

GL-6	ТМ-6	Гипоидные передачи с увеличенным смещением, работающие в условиях высоких скоростей, больших крутящих моментов и ударных нагрузок. Имеют большее количество серофосфорсодержащей противозадирной присадки, чем масла GL-5.
------	------	--

Таблица 3.10 – Классификация SAE трансмиссионных масел по вязкости

Класс вязкости	Минимальная температура достижения динамической вязкости 150 мПа • с, °С	Кинематическая вязкость при 100°С, мм <sup>2</sup> /с	
		не менее	не более
Зимние			
70W	-55	4,1	-
75W	-40	4,1	-
80W	-26	7	-
85W	-12	11	-
Летние			
90	-	13,5	24
140	-	24	41
250	-		

Таблица 3.11 – Соответствие марок отечественных и зарубежных трансмиссионных масел

Отечественное масло	Зарубежное масло	
Масло А для гидротрансформаторов и автоматических коробок передач		Shell, DonaxT6 Mobil, ATF 200 TYPE A BP, ATFTypeASuffixA Esso, Automatic Transmission Fluid
Тпп-15В (ТМ-3-18) ГОСТ 23652-79	API GL-3	BP, Gear Oil GP 90 Caltex, Thuban 90 Shell, Spirax90 EP Mobil, Mobilube C90 Esso, Gear oil EP90
ТСп-15к (ТМ-3-18) ГОСТ 23652-79	API GL-3	Shell, SpiraxEP 90W Mobil, Mobilube GX 90 BP, Gear oil EP SAE 90 Esso, Gear oil EP 90
ТСп-10 (ТМ-3-9) ГОСТ 23652-79	API GL-3	Shell, SpiraxEP 80W BP, Gear Oil 80 EP, Multi Gear oil 90EP Mobil, Mobilube CX SAE 80 Esso, Gear oil CP 80
ТАД-17и(ТМ-5-18) ГОСТ 23652-79	API GL-5	Shell, SpiraxND90 Mobil, Mobilube ND90 BP, Multi Gear SAE 90 EP Esso, Gearoil 90 EP

### 3.4 Масла для гидравлических систем

*Основные требования:*

1) *Иметь строго определенную вязкость и индекс вязкости, которые обеспечивали бы ее хорошую прокачиваемость и надлежащую смазку деталей узлов и механизмов гидравлических систем при резко изменяющихся нагрузках и температурах;*

2) *Иметь низкую температуру замерзания (на 5...10°С ниже температуры окружающего воздуха), которая обеспечивала бы нормальную работу жидкости при низких отрицательных температурах;*

- 3) *Обладать высокими противокоррозионными свойствами* и не вызывать разбухания или разрушения резинотехнических уплотнительных устройств;
- 4) *Обладать высокой химической и физической стабильностью*: не окисляться в процессе работы и не изменять своих первоначальных характеристик;
- 5) *Быть свободной от механических примесей, воды и коррозионно-активных веществ*, обеспечивая таким образом надежную и долговечную работу узлов и механизмов гидравлических систем.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает большой ассортимент наименований гидравлических жидкостей, которые в большинстве своем получают из минеральных нефтяных масляных дистиллятов с добавлением различных присадок (антикоррозионных, противоизносных, антиокислительных, антипенных и др.). В зависимости от назначения гидравлические жидкости делятся на тормозные, амортизаторные, Жидкости для гидроусилителей рулевого управления и гидравлических подъемников автомобилей-самосвалов и др.

Масло марки А представляет собой глубокоочищенное дистиллятное масло, в которое введены противоизносная, антиокислительная, депрессорная и антипенная присадки.. Применяется всесезонно при температуре до минус 35 °С и скоростях скольжения до 15 м/с в гидротрансформаторах и гидромеханических передачах автомобилей и автобусов.

Масло марки Р изготавливается на основе веретенного масла АУ, в которое вводится этот же комплекс присадок, что и в масло марки А. Применяется в гидроусилителях рулевого управления автомобилей всесезонно при температуре окружающего воздуха от минус 45 °С.

Масло МГТ представляет собой высокоочищенное минеральное масло, в которое введен комплекс высокоэффективных функциональных присадок, обеспечивающих маслу высокий индекс вязкости и хорошие вязкостно-температурные свойства. Применяется в гидромеханических коробках передач автомобильной и гусеничной техники при температуре окружающего воздуха от минус 55°С и контактном напряжении до 2000 МПа.

Таблица 3.12 – Показатели трансмиссионных масел для гидросистем автомобилей

Показатели	Для гидротрансформаторов и автомеханических передач		Для гидроусилителя руля
	Марка А	МГТ	Марка Р
Вязкость кинематическая (мм <sup>2</sup> /с) при температуре:			
50 °С	20-30	-	12-14
100 °С	-	6-7	-
-20 °С	2100	-	-
Вязкость динамическая при температуре -50 °С - не более, Пас	-	400	-
Температура вспышки - выше, °С,	175	160	163
Температура застывания - ниже, °С	-40	-55	-45
Испытания на коррозию стальных пластин	Выдерживает		
Испытание на коррозию пластинок из стали и меди	Выдерживает		

Продолжение таблицы 3.12

Увеличение массы резины после выдерживания ее в масле в течение 72 ч при температуре 130 °С - не более, %:			
марка 81-90	2	-	-
марка В-1И	-	5,0	2,5
Испытание на вспенивание при температуре 125 °С	Пена должна исчезать не более, чем через 30 с		
Индекс задира, Из	-	40	2
Критическая нагрузка, Н	720	900	-
Нагрузка заедания, Н	2240	2000	-
Диаметр пятна износа, мм (4 ч, 200 Н)	0,55	0,50	-

Таблица 3.13 - Физико-химические показатели масел для гидромеханических передач

Показатели	Марка А	Марка Р	МГТ
ТУ 38. 10 11 282-89	ТУ 38. 101 1103-90		
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с			
при 100 °С	-	-	6-7
при 50 °С	23-30	12-14	
при -20 °С			
Индекс вязкости, не менее	-	-	
Температура застывания, °С, не выше	-10	5	-55
Температура вспышки в откр. тигле, °С, не выше			
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие, допускается щелочная реакция		
Массовая доля воды, %, не более	отсутствует	отсутств.	следы
Массовая доля мех. примесей, %, не более	0,01	0,01	0,01
Зольность, %, не менее	0,6	0,6	—
Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup> , не более	-	-	0,850

По ГОСТ 17479.3-85 (аналогично международному стандарту ISO 3448) гидравлические масла по значению вязкости при 40°С делятся на 10 классов. В зависимости от эксплуатационных свойств и состава (наличия соответствующих функциональных присадок) гидравлические масла делят на группы А, Б и В. Группа А (группа НН по ISO) - нефтяные масла без присадок, применяемые в малонагруженных гидросистемах с шестеренными или поршневыми насосами, работающими при давлении до 15 МПа и максимальной температуре масла в объеме до 80°С.

Группа Б (группа НL по ISO) - масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками. Предназначены для средненапряженных гидросистем с различными насосами, работающими при давлениях до 2,5 МПа и температуре масла в объеме свыше 80°С.

Группа В (группа НМ по ISO) - хорошо очищенные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками. Предназначены для гидросистем, работающих при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме

В масла всех указанных групп могут быть введены загущающие (вязкостные) и антипенные присадки.

Загущенные вязкостными полимерными присадками гидравлические масла соответствуют группе HV по ISO 6743/4.

По вязкостным свойствам гидравлические масла условно делятся на следующие:

- маловязкие - классы вязкости с 5 по 15;
- средневязкие - классы вязкости 22 и 32;
- вязкие - классы вязкости с 46 по 150.

### 3.5 Синтетические масла

Современный транспорт располагает мощными высокооборотными двигателями, имеет большие скорости и грузоподъёмность, которые требуют принципиально новых эксплуатационных материалов. Поэтому в конце прошлого века всё шире начали применять искусственные, синтетические масла.

Первыми синтетическими маслами были углеводородные. Они обладают высокой термической стабильностью, низкой испаряемостью и хорошими вязкостно-температурными свойствами. Синтетические масла хорошо смешиваются с нефтяными, образуя так называемую «полусинтетику», и с различными присадками.

1. Производятся и применяются и неуглеводородные синтетические:

– *диэфирные* масла на основе сложных эфиров многоатомных спиртов и карбоновых кислот. Однако следует помнить, что они агрессивны по отношению к уплотнительным материалам, в качестве которых можно применять стойкие фторуглеводородные полимеры. Эти масла широко применяют для приготовления незаменимых смазок закрытых подшипников (сцепления, крестовин карданных валов и др.);

– *полигликолевые* масла получают из этилена и пропилена. Это высококачественные масла, но в силу высокой стоимости, они применяются в качестве добавок к моторным маслам и как составная часть тормозных жидкостей;

– *силиконы* – полимерные кремнийорганические соединения (силоксаны, полиорганосилоксаны), содержащие чередующиеся атомы кремния и кислорода; кремний также связан с органическими радикалами. Это бесцветные, прозрачные, маслянистые жидкости различной вязкости. Они обладают высокими температурно-вязкостными свойствами. Некоторые силиконы не изменяют свойств в течение 1000–1500 часов работы. Недостаток – плохие смазывающие свойства – устраняют путём введения противоизносных присадок. Используются как основа высококачественных пластичных смазок, в качестве антипенных присадок и добавок к амортизаторным жидкостям.

– *фосфорорганические* масла – сложные эфиры ортофосфорной кислоты. Обладают исключительно высокими смазочными свойствами и стойкостью к окислению. Образуют на поверхности деталей плёнки из фосфидов металлов, сильно удлиняя срок службы подшипников и других узлов трения. Широко используются как смазочные масла, технические и гидравлические жидкости, противоизносные и антикоррозионные присадки.

Из перечисленных синтетических масел наиболее перспективными являются диэфирные масла.

*Свойства синтетических масел* в сравнении с минеральными:

- высокий индекс вязкости – 150–170 ед.;
- ниже температура застывания – до минус 65 °С;
- вязкость при температурах 250...300°С в 2–3 раза выше, чем у равновязких им при 100 °С минеральных масел;
- выше термическая стабильность;
- более низкая испаряемость, т. е. лучшая физическая стабильность;
- меньше склонность к образованию высокотемпературных отложений (применяемость в высокофорсированных теплонапряжённых двигателях);
- большая стойкость к окислению;
- срок службы до 5 и даже до 10 раз дольше, расход на угар меньше на 30–40%.

Несмотря на высокую стоимость (до 3–6 раз больше, чем у минеральных) применение долгорботающих и обеспечивающих значительное увеличение межремонтного пробега синтетических масел экономически целесообразно. В некоторых механизмах минеральные масла просто не обеспечат необходимых условий работы.

2. Твёрдые смазочные материалы (покрытия) применяются для обеспечения работы наиболее нагруженных деталей в условиях граничной смазки при тяжёлых эксплуатационных условиях. При этом исключить граничную смазку экономически невыгодно и не всегда возможно технически. Поэтому для обеспечения достаточной долговечности деталей, узлов и агрегатов применяют различные виды твёрдых смазочных материалов (покрытий). Основу таких смазочных материалов составляют дисульфиды молибдена  $\text{MoS}_2$ , графита, солей олова, кадмия, свинца, а также полимерные материалы – политетрафтор-этилен и другие. Твёрдые смазочные покрытия снижают вероятность задира высоконагруженных деталей в условиях масляного голодания, тем самым увеличивая ресурс узлов трения.

Трущиеся пары покрываются прочной плёнкой дисульфида молибдена, надёжно изолируются друг от друга как при жидкой смазке, обеспечивая высокие антифрикционные условия работы узла трения. Эти плёнки прочно сцепляются с деталями, устойчивы к контактному воздействию, имеют большое сопротивление разрыву и легко поддаются деформации. Твёрдые смазочные покрытия на основе  $\text{MoS}_2$  выдерживают нагрузку до 30 МПа, их коэффициент трения уменьшается с повышением нагрузки и температуры. Плёнки обладают высокой химической и термической стабильностью и сочетаются со всеми видами смазок. Нетоксичны. Твёрдые смазочные покрытия на основе  $\text{MoS}_2$  наносят на высоконагруженные детали газораспределительного механизма, карданных валов, агрегаты трансмиссии и другие. Практикуется нанесение таких покрытий и на юбки поршней. Ресурс работы деталей с покрытиями  $\text{MoS}_2$  возрастает на 30–50%, выше надёжность их работы. Для поддержания защитного слоя в смазочные масла вводят присадки, содержащие дисульфид молибдена. Рекомендуемая толщина плёнки 5–15 мкм, более толстый слой подвержен растрескиванию и скалыванию при высоких нагрузках.

В последние годы всё более широкое применение находят твёрдые смазочные полимерные материалы, например на основе политетрафторэтилена или тефлона. Эти покрытия рекомендуются для всех двигателей.

*Политетрафторэтилен* добавляют в горячее, свежее масло работающего двигателя в соотношении 1:5. Образующаяся суспензия в течение пробега около 5000 км обволакивает все детали двигателя, проникает в микронеровности и образует прочно

сцепляющееся полимерное покрытие толщиной 1–2 мкм. Применяется один раз на весь срок службы двигателя. Снижается трение, износ деталей и расход топлива.

3. Добавки к смазочным маслам получили в последнее время широкое распространение. Они могут улучшать условия трения, как на срок службы залитого масла, так и на более продолжительное время. В своём роде это дополнительные присадки к смазочным маслам, улучшающие те или иные их качества.

Интерес вызывают добавки препаратов, восстанавливающих изношенные поверхности путём своеобразного «напыления». В качестве примера можно привести препарат «Metal-5» (Франция). Этот препарат представляет собой дисперсию микрочастиц цинка, меди и серебра в масле. Его заливают в двигатель и микрочастицы металлов оседают в местах максимального трения сопряжённых пар (стенки цилиндров, подшипники трения и т. д.). В результате такой металлизации трущихся поверхностей, восстанавливается геометрическая форма деталей, возрастает мощность и снижается расход топлива и масла.

Представляется перспективной и добавка в моторные масла микрочастиц керамики, которые образуют защитный слой, как и в случае применения твёрдых смазочных покрытий, но этот слой, в силу пористости керамики, удерживает запас масла на трущихся поверхностях, обеспечивая смазку при невысоких нагрузках даже при отсутствии моторного масла в картере двигателя.

Высококачественные добавки к смазочным маслам существенно повышают эксплуатационные и экономические показатели работы двигателей и автомобилей в целом.

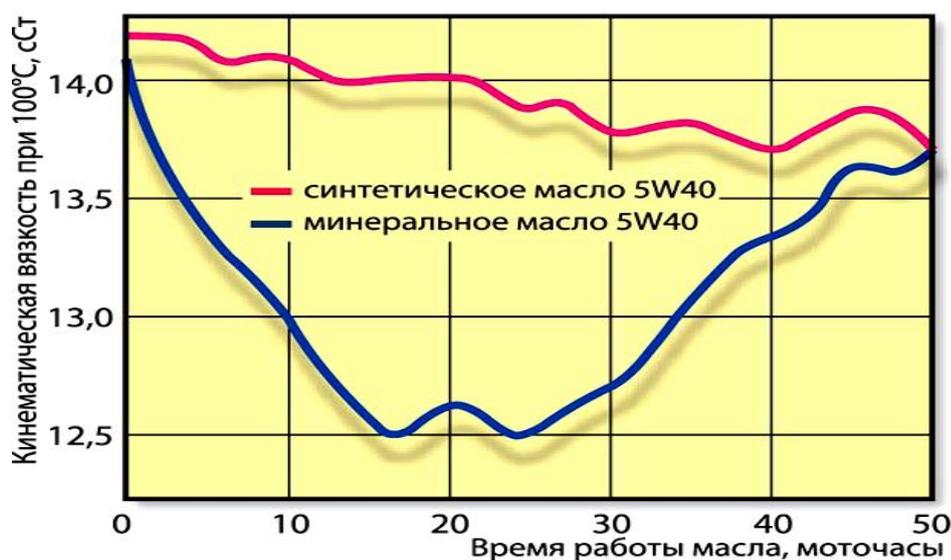


Рисунок 3.5 – Сравнение минерального и синтетического моторных масел

### 3.6 Замена масел

Срабатываемость присадок в процессе эксплуатации двигателя является важнейшей стадией старения моторного масла. Уменьшение концентрации присадок до 20 % считается нормальным, а до 50 % – значительным.

При срабатывании присадок ухудшается в первую очередь то эксплуатационное свойство масла, для улучшения которого присадка добавлялась в базовое масло при

изготовлении товарной продукции. Кроме этого продукты срабатывания присадок могут оказывать косвенное влияние на другие эксплуатационные свойства.

Определяющее влияние на работоспособность масел оказывают присадки, обладающие диспергирующими и антиокислительными свойствами.

Моющие присадки углубляют и развивают окислительные процессы, в результате чего окислы и асфальтены, дающие липкие осадки, переходят в соединения типа карбенов и карбоидов, которые не закрепляются на металлических поверхностях и смываются маслом. Диспергирующее действие моющих присадок состоит в том, что они, адсорбируясь на поверхности взвешенных частиц, предотвращают их укрупнение и прилипание. Активными элементами моющих присадок являются Ba, Ca и Zn, которые срабатываются с разной скоростью. Наиболее обобщенным показателем эффективности действия моющих присадок является щелочное число масла.

Щелочное число в результате срабатывания присадки снижается. Поэтому щелочность рассматривается в качестве одного из основных критериев определения срока службы масла. Интенсивность срабатывания наибольшая в начальный период работы двигателя, в последующем процессе стабилизируется. Одной из причин стабилизации является постоянное пополнение расхода масла на угар свежим маслом и восполнение концентрации присадки. Скорость износа деталей ЦПГ двигателя особенно быстро возрастает при уменьшении щелочного числа ниже 1 мг КОН/г масла.

Существует функциональная связь между щелочностью и кислотностью, содержанием нерастворимых в бензине примесей, диспергирующей способностью масла.

По мере уменьшения щелочности возрастает кислотное число, характеризующее процесс накопления продуктов старения, обладающих кислыми свойствами. Содержание нерастворимых в бензине примесей с уменьшением щелочности растет, а диспергирующая способность масла падает. Эквивалентной характеристикой щелочности числа является водородный показатель масла pH.

Основные параметры масла, которые влияют на его ресурс следующие:

1. Возраст автомобиля и состояние двигателя.
2. Интенсивность эксплуатации автомобиля (особенно поездки протяженностью менее 8 км при минусовых температурах, частая езда в стиле «старт-стоп»).
3. Манера вождения автомобиля (в том числе короткие пробеги как зимой, так и летом).
4. Сезонное время эксплуатации автомобиля (зима или лето).
5. Качество автомобильного масла.
6. Качество топлива.
7. Стойкость масла к воздействию высоких температур, т.е. термическая и антиокислительная стабильность.
8. Стойкость масла к воздействию механических нагрузок т.е. к механической деформации.
9. Физическая и химическая стойкость к продуктам, образованным в процессе сгорания. Последний пункт больше относится к дизельным двигателям.
10. Проблемы с запуском двигателя.

Наиболее тяжелыми условиями работы для масла являются условия эксплуатации, включающие короткие поездки с частыми остановками и запусками и работой на холостом ходу. Именно в этих условиях эксплуатируется большинство легковых автомобилей – городская езда с периодическими более длинными пробегами, когда двигатель, полностью прогревается. Установка не вентилируемой защиты поддона

картера, а также демонтаж элементов охлаждения масла ведет к его перегреву со всеми вытекающими отсюда последствиями. При таких условиях эксплуатации имеет смысл сократить срок замены масла. Так что срок замены масла - понятие компромиссное. С учетом экономических соображений компромисс этот в наших условиях составляет 6-8 тысяч километров. Недопустимо увеличивать сроки замены синтетического масла. Производитель двигателя - единственный, кто вправе это определять, рекомендуя либо определенный пробег, либо временной интервал.

Среднестатистическая же продолжительность жизни моторных масел составляет 7,5-10 (для дизельных двигателей), до 10-12 тыс. км (максимум 15 тыс.) для (бензиновых). Названные цифры справедливы для облегченной эксплуатации автомобиля. Обычные масла для бензиновых двигателей работают в двигателях, переведенных на газ, в 1,5-2 раза дольше.

При работе двигателя моторное масло испаряется, выгорает и утекает; это приводит к снижению его уровня в картере двигателя. Для поддержания объема масла в смазочной системе в картер периодически добавляют свежее масло. Первоначально залитое масло и доливаемое в процессе работы интенсивно перемешиваются, после чего работает смесь, состоящая из неравных частей масла, проработавших различное время. Освежение смазочного масла в двигателе оказывается иногда настолько существенным, что фактически за весь период работы оно несколько раз обновляется. Поэтому действительное время работы масла в двигателе может быть намного меньше нормируемого. Поэтому рациональные сроки замены масла должны учитывать и количество доливаемого масла за период его эксплуатации. И тем не менее для обеспечения надежной работы двигателя следует придерживаться рекомендаций моторостроительных заводов. Необоснованное увеличение периодичности замены масла может быть причиной серьезных неполадок в двигателе: в итоге экономия на масле может привести к дополнительным затратам на ремонт двигателя. В некоторых случаях целесообразность замены масла может быть определена по установочным браковочным показателям его предельного состояния. Рекомендуемые заводом-изготовителем сроки замены масла соответствуют нормальным условиям эксплуатации машины, когда ее техническое состояние, применяемые моторные масла и топлива соответствуют требованиям стандартов и техническим условиям. Однако при легких условиях эксплуатации процесс старения масла замедляется, возможны предпосылки для продления его срока службы. И наоборот, при частых перегрузках двигателя, нарушениях в системе топливоподачи, очистки воздуха, смазки, обводнения масла и т.п. происходит интенсивное окисление и загрязнение масла, быстро срабатываются присадки. И чтобы не допустить отказов, желательно, не откладывая, заменить масло и устранить обнаруженные неисправности. В связи с изложенным, с целью рационального применения высококачественных, дорогостоящих масел в перспективе предусматривается периодичность замены масла устанавливать не только по количеству отработанных часов, израсходованного топлива или километров пробега, но и по фактическому состоянию качества масла. Это, в свою очередь, позволяет также и диагностировать техническое состояние автомобиля.

Методика оценки работоспособности масла по масляному пятну:

Оценка ДС масла определяется формулой (3.5)

$$ДС = 1 - \frac{d^2}{D^2}, \quad (3.5)$$

где  $d$  – средний диаметр ядра, мм.

$D$  – средний диаметр внешнего кольца зоны диффузии, мм.

На белую фильтровальную бумагу пипеткой или же маслоуказателем наносится капля масла, которая, растекаясь, образует пятно. В отличие от пятна капли свежего масла, пятно отработавшего темнее и не сплошное, а состоит из ядра и пояска. В ядре собираются нерастворимые в масле частицы (механические примеси), поэтому оно имеет более темный цвет, чем поясок. Ядро более темного цвета у масла с большим содержанием механических примесей.

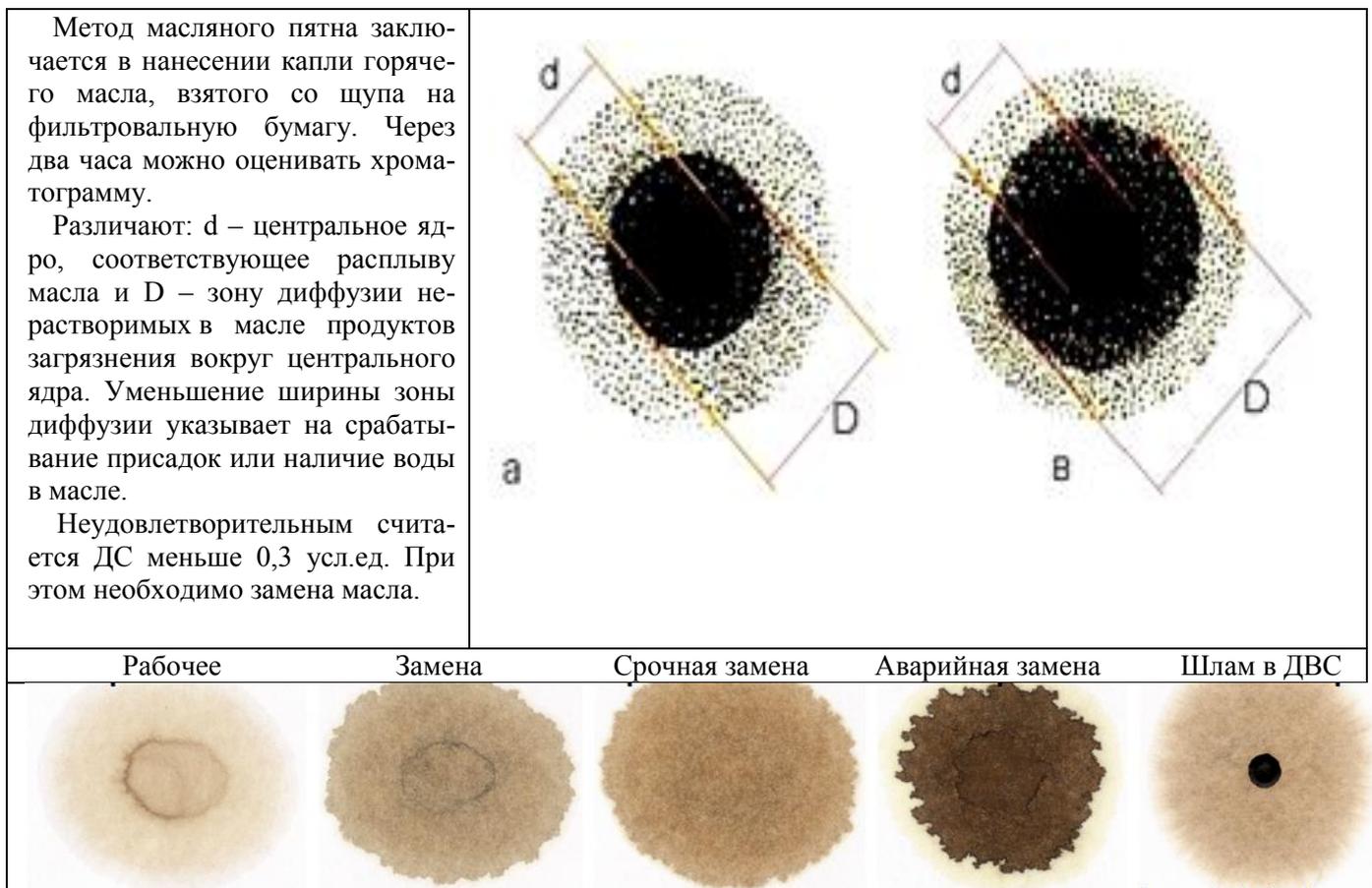


Рисунок 3.6 – Оценка работы масла

Растворимые примеси (органические кислоты, смолы и др.) распределяются по всему пятну и также в зависимости от их количества придают разную окраску пояску. Поэтому о степени окисления масла судят по цвету пояска.

Масляное пятно со временем меняет свой цвет, поэтому делать по нему заключение необходимо сразу после того, как капля расплывется.

Рекомендуют оценивать качество масла по пятну его капли следующим образом. Если ядро имеет черный цвет (как капля туши на обычной бумаге) и его цвет не становится светлее после замены фильтра, то такое масло содержит большое количество механических примесей и его нужно менять. Масло с цветом ядра от светло-коричневого до темно-серого пригодно для дальнейшей эксплуатации.

Если поясок имеет коричневый или темно-коричневый цвет, то масло нужно менять, так как оно слишком окислилось. Масло с таким же цветом пояска, как у свежего, т. е. от белого до светло-желтого, а также со светло-коричневым пояском пригодно для дальнейшего использования.

По отношению диаметра всего пятна к диаметру ядра можно судить о моющей способности масла. Масла без моющих присадок имеют это отношение 3 и более, а самая высокая моющая способность у масел, имеющих отношение диаметров, равное 1, т. е. пятно не имеет ядра.

С известной условностью о загрязненности масла примесями можно судить по меткам на конце маслоуказателя. Для этого из картера прогретого двигателя быстро вынимают маслоуказатель и рассматривают на нем метки, покрытые слоем масла. Если метки хорошо видны, то на таком масле можно продолжать работу. Если же метки не видны, а фильтры исправны, то масло нужно менять.

Вода в масле может быть обнаружена отстаиванием в течение 2—3 ч залитого в прозрачную посуду прогретого масла, по пузырькам водной эмульсии при сливе масла и нагревании масла в пробирке до 100—105°C. В последнем случае при наличии влаги масло будет вспениваться. Кроме того, пары воды, охлаждаясь, будут осаждаться мельчайшими капельками на холодных стенках верхней части пробирки.

Качество свежих масел можно проверить теми же упрощенными способами, что и работающих, но пользоваться нужно другими количественными критериями.

Так, свежее масло не должно быть загрязнено примесями, поэтому пятно от капли должно быть одинакового цвета по всей своей площади. В свежем масле не допускается содержание воды, и если она обнаружена, то масло должно быть забраковано.

### 3.7 Пластичные смазки

Пластичной смазкой (ПС) называют систему, которая при малых нагрузках проявляет свойства твердого тела; при критической нагрузке смазка начинает течь подобно жидкости, и после снятия нагрузки вновь приобретает свойства твердого тела. Применяются в тех узлах автомобиля, из которых жидкие масла вытекают или в тех узлах, доступ к которым ограничен или затруднен. Иными словами, пластичная смазка – это структурированная высокодисперсная система, которая состоит, как правило, из базового масла и загустителя. При обычных температурах и малых нагрузках она проявляет свойства твердого тела, т. е. сохраняет первоначальную форму, а под нагрузкой начинает деформироваться и течь подобно жидкости. После снятия нагрузки пластичная смазка вновь застывает. Основное ее назначение – уменьшить износ поверхностей трения и продлить тем самым срок службы деталей машин и механизмов. В отдельных случаях смазки не столько уменьшают износ, сколько упорядочивают его, предотвращают трение и заклинивание смежных поверхностей, препятствуют проникновению агрессивных жидкостей, абразивных частиц, газов и паров. Смазки, которые практически не изменяют своих показателей качества весь период работы в узле трения, относятся к «вечным» (т. е. закладываются одноразово на весь период работы техники) или долго работающим (с большим периодом замены).

Область применения смазки во многом определяется температурой плавления и разложения дисперсной фазы, а также ее концентрацией и растворимостью в масле.

От природы загустителя зависят антифрикционные и защитные свойства, водостойкость, коллоидная, механическая и антиокислительная стабильность смазки.

Основной состав пластичных смазок:

1. основа – смазочные масла маловязкие или средневязкие (индустриальные 12,20,30, приборное МВП и др.), в количестве 80-90%;
2. загустители – мыла (соли высших жирных кислот металлов), твердые углеводороды (парафин, церезин), неорганические загустители (слюда, асбест, тальк), органические загустители (аммелин); в количестве 10-20%;
3. присадки – антикоррозионная, противоокислительная и др., в количестве 0,001-5%;
4. наполнители – графит, дисульфид молибдена и др., в количестве 10-20%
5. стабилизатор – для сохранения однородности смазки.

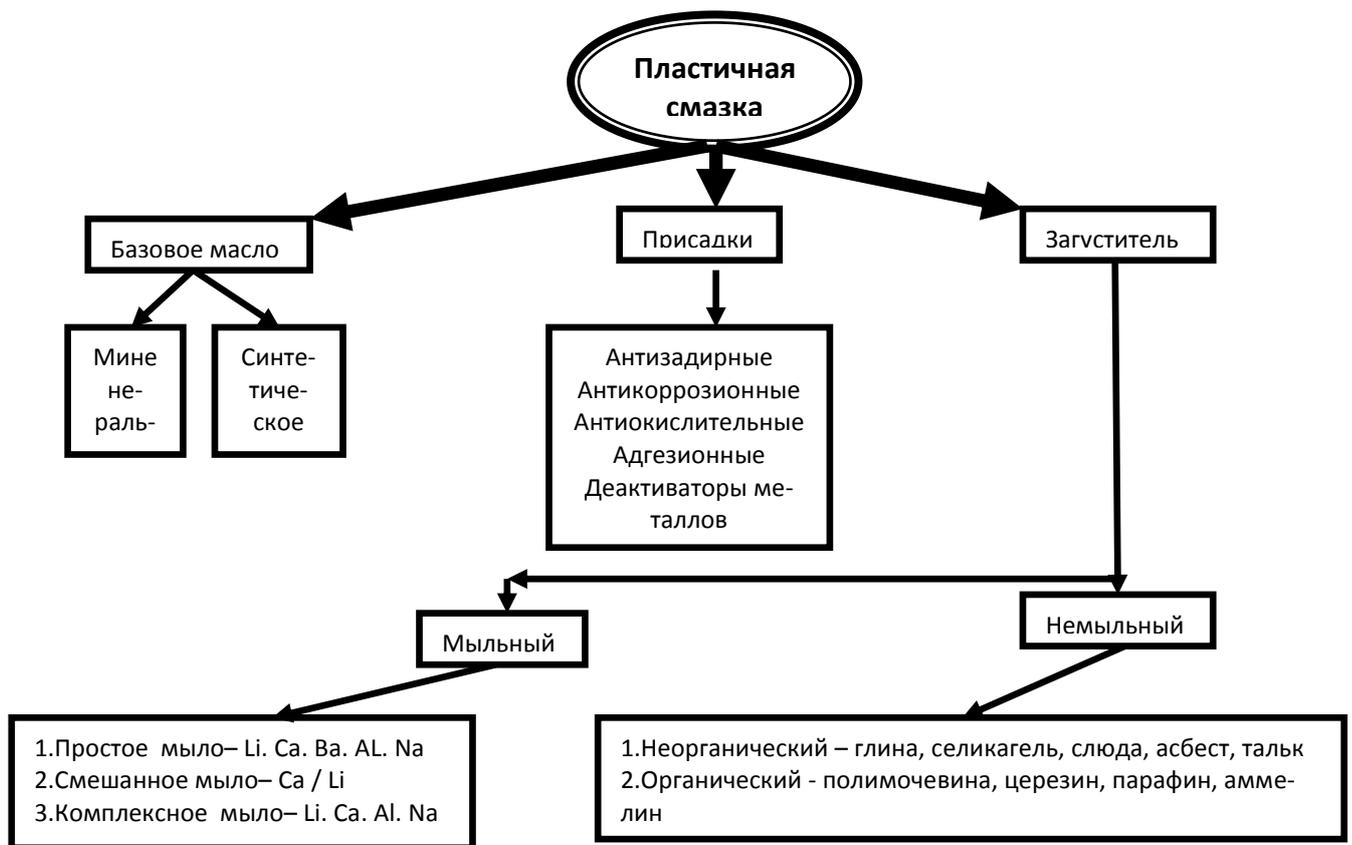


Рисунок 3.7 – Компоненты пластичных смазок

*Основные эксплуатационные свойства пластичных смазок:*

1) *Температура каплепадения* – (должна быть на 15-20<sup>0</sup>С выше температуры трущихся поверхностей), определяется с помощью термометра Уббелюде и отражает среднюю температуру плавления смазки, по ней судят о температуре работоспособности смазки и о возможности ее вытекания из узла трения.

2) *Предел прочности (ПП)* – (определяется прибором – пластометром) характеризует способность смазок удерживаться в узлах трения и противостоять сбросу с движущихся деталей, удерживаться на наклонных и вертикальных поверхностях. ПП зависит от температуры (с повышением температуры ПП уменьшается) и скорости приложения силы.

При невысоком ПП смазки плохо удерживаются в негерметизированных узлах трения; с высоким ПП – не поступают к трущимся поверхностям. Для обычных рабочих температур ПП не должен превышать 300-500 Па, минимальное значение – 100-200 Па.

3) *Вязкость* – (не должна превышать 15-20 тыс. Па·с) зависит от скорости перемещения слоев смазки относительно друг друга. По вязкости судят о затратах энергии на относительное перемещение смазанных деталей, о пусковых характеристиках механизмов, о потерях при работе различных узлов трения. Увеличение вязкости приводит к повышению энергетических потерь.

4) *Коллоидная стабильность* – способность смазки сопротивляться выделению из нее основы – масла при хранении и процессе применения. Чем выше вязкость масла, входящего в смазку, тем выше каллоидная стабильность.

5) *Адгезия*—молекулярная связь, возникающая между поверхностью твердого тела и нанесенной на него смазкой. Смазка с хорошей адгезией—липкая, ее трудно стереть или смыть с поверхности.

6) *Противозадирные свойства* обусловлены способностью смазки предотвращать заедание и задиры трущихся поверхностей при высоких удельных нагрузках.

7) *Противоизносные свойства* определяются способностью смазки снижать износ трущихся поверхностей при невысоких удельных нагрузках. Далекое не всегда смазки, имеющие хорошие противоизносные свойства, предотвращают возникновение задиров. На противоизносные свойства больше влияет дисперсионная среда, а на противозадирные—состав смазки, в частности присутствие наполнителя.

8) *Противокоррозионные свойства* определяются отсутствием коррозионного действия смазки на металлические поверхности, а консервационные (защитные) свойства—способностью предохранять металлические поверхности от коррозионного действия внешней среды.

9) *Теплостойкость и морозостойкость*. Когда достигается температура каплепадения, смазка как твердое тело перестает существовать. Но некоторые смазки уже при меньшей температуре распадаются на масло и загуститель, другие—при нагревании и последующем охлаждении из-за химических превращений, окисления или испарения термоупрочняются, т. е. предел прочности недопустимо увеличивается и они теряют смазочные свойства. Морозостойкость смазки определяется способностью ее при низкой температуре восстанавливать свой “каркас”, а также течь, т. е. не застывать. При более низкой температуре смазка либо не позволит движущимся парам взаимно перемещаться, либо при приложении больших усилий расслоится и не будет проникать в зону контакта.

10) *Механическая стабильность* — это способность смазки сохранять свои свойства после деформации и противостоять разрушению. После интенсивного деформирования свойства смазки меняются: у большинства смазок понижается предел прочности — происходит разупрочнение. Затем в течение некоторого времени — периода “отдыха” — предел прочности постепенно увеличивается, однако иногда

он не достигает исходной величины, а иногда, наоборот,— ее превосходит, происходит тикструпное упрочнение смазки. Изменение свойств зависит как от интенсивности, так и от продолжительности воздействия. В условиях эксплуатации необратимое разрушение смазки может произойти и в течение часов, и в течение месяцев.

Механически нестабильную смазку нельзя применять в недостаточно герметичных узлах. Механическая стабильность определяется прибором тиксометром.

11) *Водостойкость* – способность смазки не растворяться в воде, не смываться водой и минимально изменять свои свойства при попадании в нее воды. Растворимость смазки в воде зависит от природы загустителя (многие из них в воде нерастворимы, кроме мыльных загустителей), присутствие воды в большинстве смазок не допускается, т.к. они разжижают смазки, способствуют их вытеканию из узлов трения.

12) *Пенетрация* (от латинского: *Penetratio* - проникать) - физико-химическое свойство пластичных смазок, которое характеризует степень густоты и консистенции смазки. Т.е., это мера проникновения конусного тела в вязкую среду, употребляемая для характеристики консистенции (густоты) вещества. Пенетрационные методы измерения особенно полезны в случае веществ, которые меняют свои реологические свойства при перемешивании. Смазка пластичная высокотемпературная, как правило, имеет число пенетрации от 170 до 400. Как правило измерения проводятся при температуре 25°C; время воздействия сил тяготения на конусообразное тело – 5 секунд. Так, к примеру, если конусообразное тело погрузилось в вещество на 25 мм, то число пенетрации будет равно 250.

Таблица 3.14 - Основные показатели некоторых пластичных смазок

Марки смазок	Температура каплепадения, °С, не ниже	Предел прочности при 50 °С, гс/см <sup>2</sup> , не менее	Эффективная вязкость при 0° С, не более	Содержание свободной щелочи, %
Солидол С	90	2	2000	0,2
Пресс-солидол С	89-95			
ЯНЗ - 2	150	1,8	2000	0,2
Литол - 24	185	4,5 (при 20 С)	6000	0,1
Карданная АМ	115	---	8000	0,1
1 - 13	120	2	6000	0,2
ЦИАТИМ-201	175	2,5	11000	0,1

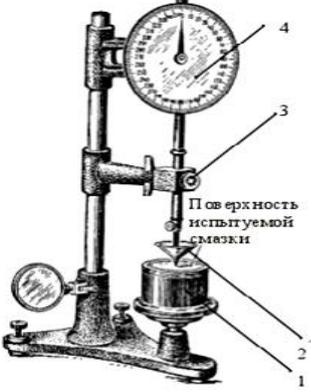
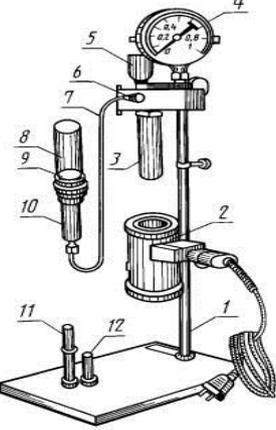
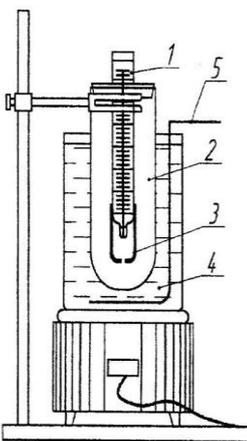
 <p>1-цилиндр со смазкой; 2-конус весом 150 г; 3-зажим; 4-манометр</p> <p>Прибор пластомер</p>	 <p>1-основание; 2-электропечь; 3-резервуар с маслом; 4-манометр; 5-воронка; 6-кран; 7-трубка для присоединения корпуса к крану; 8-защитное стекло; 9-гайка; 10, 11-капилляр с оправой длинный; 12-капилляр с оправой короткий.</p> <p>Прибор тиксометр</p>	 <p>1-термометр; 2-пробирка; 3-капсюль; 4-стакан с жидкостью; 5-турбулизатор для перемешивания жидкости.</p> <p>Прибор для определения температуры каплепадения ПС</p>	 <p>Автоматический аппарат Линтел СК-20 для определения предела прочности ПС по ГОСТ 7143-73</p>
--	---	---	---

Рисунок 3.8 – Приборы для определения основных свойств пластичной смазки

Таблица 3.15 - Ассортимент некоторых пластичных смазок и их применение

Марки смазок	Область применения	Температура применения
ЛСЦ-15	Шлицевые соединения, оси и шарниры привода сцепления, механизмы привода сцепления, стеклоподъемники	-40...+140 С
Фиол – 2М	Ось октан-корректора, узлы трения распределителя зажигания	-35...+120 С
Фиол - 1	Гибкие тросы управления, направляющие сидений	-30...+100 С
Фиол - 2	Узлы трения до 100 С и невысокие нагрузки	-30...+100 С
Фиол – 2У	Герметичные игольчатые подшипники, шлицевые соединения	-40...+120 С
НП - 242	Шарниры рулевой подвески и управления	-40...+140 С
ЛЗ - 31	Закрытые подшипники сцепления	-40...+120 С
Крус	Карданы равных угловых скоростей, игольчатые подшипники	-40...+140 С
Шрус – 4	Шарниры равных угловых скоростей	-50...+140 С
МРМ – 2 «Фиат»	Идентична с Фиол – 2У	-40...+120 С

Продолжение таблицы 3.15

Смазка № 158	Закрытые подшипники электрооборудования, игольчатые подшипники карданного вала	-40....+120 С
Карданная АМ	Карданные шарниры равных угловых скоростей (можно применять в смеси с трансмиссионным маслом)	-40....+120 С
Графитная УСсА	Листы рессор, торсионы	-35....+65 С
Лита - М	Подшипники качения, скольжения, червячные и зубчатые передачи	-40....+130 С
Литол - 24	Ступицы колес, подшипники и шлицевые соединения карданной передачи	-40....+130 С
Смазка 1 – 13 , Консталин	Открытые узлы трения, ступицы колес	-40....+130 С
Смазка 1-13С	Подшипники водяной помпы, подшипники КПП	-30....+120 С
Пресс-солидол С жировой солидол	Шасси автомобиля, смазки взаимозаменяемы, их можно смешивать между собой	-30....+50 С
ЯНЗ - 2	Подшипники ступиц колес	-25....+100 С
ЦИАТИМ-201, 203	Нагруженные узлы трения, качения и скольжения подвески, рулевого управления	-60....+90 С
ЦИАТИМ-221	Пневмоусилители тормозов и рулевого управления	-60....+150 С
ШРБ - 4	Герметичные шарниры подвески и рулевого управления	-40....+130 С
МЗ - 10	Стеклоподъемники, замки дверей, стопора	-40....+130 С
Литол-459/5	Прерыватель-распределитель зажигания	-40....+120 С

### 3.8 Классификация смазок по консистенции (густоте)

Разработана NLGI (Национальный институт смазочных материалов США). Согласно этой классификации смазки делят на классы в зависимости от уровня пенетрации - чем больше численное значение пенетрации, тем мягче смазка. Классификация NLGI пластичных смазок по консистенции приведена в таблице (соответствует сортам по DIN 51818. DIN - Институт стандартов Германии).

Таблица 3.16 - Классификация пластичных смазок NLGI по консистенции

Класс	Диапазон пенетрации	Визуальная оценка консистенции
000	445-475	Очень мягкая, аналогичная очень вязкому маслу
00	400-430	Очень мягкая, аналогичная очень вязкому маслу
0	355-385	Мягкая
1	310-340	Мягкая
2	265-295	Вазелинообразная
3	220-250	Почти твердая
4	175-205	Твердая
5	130-160	Твердая
6	85-115	Очень твердая, мылообразная

Тип жидкого масла и присутствие твердых добавок обозначают строчными буквами: у — синтетические углеводороды, к — кремнийорганические жидкости, г — добавка графита, д — добавка дисульфида молибдена. Смазки на нефтяной основе индекса не имеют.

Консистенцию смазки обозначают условным числом от 0 до 7.

Пример (классификационное обозначение товарной литиевой смазки Ли-тол-24) МЛи 4/13-3: М — многоцелевая антифрикционная, работоспособна в условиях повышенной влажности; Ли — загущена литиевыми мылами; 4/13 — работоспособна в интервале от -400 до +130°C; «-» — отсутствие индекса указывает, что смазка приготовлена на нефтяном масле; 3 — условная характеристика густоты смазки.

За рубежом фирмы-производители смазок маркируют их произвольно из-за отсутствия единой для всех классификации по эксплуатационным показателям, с учетом классификации по консистенции NLGI.

Согласно международной классификации ISO, смазки обозначаются рядом букв и цифр. Германский стандарт DIN 51502, которым руководствуются производители большинства европейских стран, установил обозначение пластичных смазок путем применения классификации NLGI и специальных буквенных обозначений.

Первая буква в обозначении определяет назначение смазки. Антифрикционные смазки для подшипников качения и скольжения, поверхностей скольжения в обозначении имеют первую букву «К», например, К2К-20. Далее могут следовать буквы «Р», «F», обозначающие наличие соответствующих присадок, например, «КР2N-30», «KF2-N-20». В данном случае смазка с обозначением «КР2...» может применяться для подшипников ступиц колес автомобилей. Вторые буквы могут отсутствовать, как, например, в обозначении К2К-20. Цифра «2» в обозначении смазки (могут быть и другие, например, 3) обозначает класс консистенции по классификации NLGI, т.е. «мягкость» смазки (это — не плотность!). Антифрикционные смазки имеют обычно класс консистенции 2, 3. Эта цифра не предопределяет эксплуатационные качества смазки. Например, «ЛИТОЛ-24» и СОЛИДОЛ имеют одинаковый класс консистенции, а по эксплуатационным свойствам сильно отличаются. После цифры «2» в приведенных случаях стоит буква «К» и «N», обозначающие максимальные рабочие температуры 120 и 140 °С соответственно. Цифры в конце обозначения смазки «20» и «30» в наведенных примерах обозначают минимальную рабочую температуру до минус 20 и минус 30 °С соответственно.

Иногда встречаются на упаковках и другие обозначения, где есть, например, слово «LITH» — смазка коричневого цвета. Эта смазка является прототипом смазки «ЛИТОЛ-24», имеет аналогичное применение.

Смазки разных фирм (даже одинакового назначения) смешивать нельзя, так как они могут содержать разные присадки по химическому составу и другие компоненты. Нельзя смешивать смазки с различными загустителями. Например, при смешивании литиевой смазки «ЛИТОЛ-24» с кальциевой — СОЛИДОЛОМ — смесь получает эксплуатационные свойства хуже свойств СОЛИДОЛА.

## 4 Технические жидкости

Охлаждающие жидкости в системе охлаждения ДВС в процессе работы нагреваются до 80-90<sup>0</sup>С, а при форсированном режиме и до 100<sup>0</sup>С. Давление в системе охлаждения ДВС близко к атмосферному. Вода обладает наибольшей охлаждающей способностью, имеет высокую теплоемкость (4,19 кДж/(кг·<sup>0</sup>С)), небольшую вязкость (1 мм<sup>2</sup>/с), большую теплоту испарения. Вода при 0<sup>0</sup>С замерзает с увеличением объема на 10%, что вызывает разрушение системы охлаждения, т.к. на стенки системы действует давление до 2500 МПа. Кроме того, растворенные в воде соли образуют в системе охлаждения накипь (теплотворная способность в 100 раз меньше, чем стали), которая нарушает тепловой режим ДВС. О количестве растворенных в воде солей судят по ее жесткости, которая измеряется в миллиграмм-эквивалентах (мг-экв). 1 мг-экв соответствует такому содержанию солей, когда в 1 л воды содержится 20,04 мг ионов Са или 12,16 мг ионов Mg: мягкая вода (дождевая и снеговая) – до 3 мг-экв, средней жесткости (вода рек, озер и прудов) – от 3 до 6, жесткая (родниковая и колодезная) – более 6 мг-экв, очень жесткая (вода морей и океанов) – более 10 мг-экв в 1 литре.

В зимний период эксплуатации для автомобилей применяют низкотемпературные охлаждающие жидкости (антифризы, от англ. "antifreeze" – незамерзающий), представляющие собой смеси этиленгликоля (температура кипения +197<sup>0</sup>С, замерзания -11,5<sup>0</sup>С) с дистиллированной водой. Этиленгликоль – вязкая желтоватая или бесцветная жидкость (плотность при 20<sup>0</sup>С – 1,12 г/см<sup>3</sup>), с неограниченной растворимостью в воде, не горюча, очень ядовита (сильный пищевой яд, кроме того, он может проникать в организм человека через кожный покров. Смертельная доза при приеме внутрь составляет 35 см<sup>3</sup>).

Меняя соотношение воды и этиленгликоля, можно получить смеси с температурой застывания от 0 до -75<sup>0</sup>С. Этиленгликолевые антифризы имеют повышенную коррозионную активность по отношению к металлам и, кроме того, разрушают резину. В процессе работы из состава антифриза выделяются два вида кислот – муравьиная и щавелевая; для их нейтрализации в антифриз вводятся щелочные присадки. Для уменьшения коррозионности в состав антифризов вводятся присадки: противопенные, антикоррозионные, антинакипные, антифрикционные. Недопустимо попадание в антифризы нефтепродуктов, т.к. это вызывает резкое вспенивание жидкости, что приводит к ухудшению отвода тепла от разогретых деталей ДВС и выбросу антифриза из радиатора автомобиля.

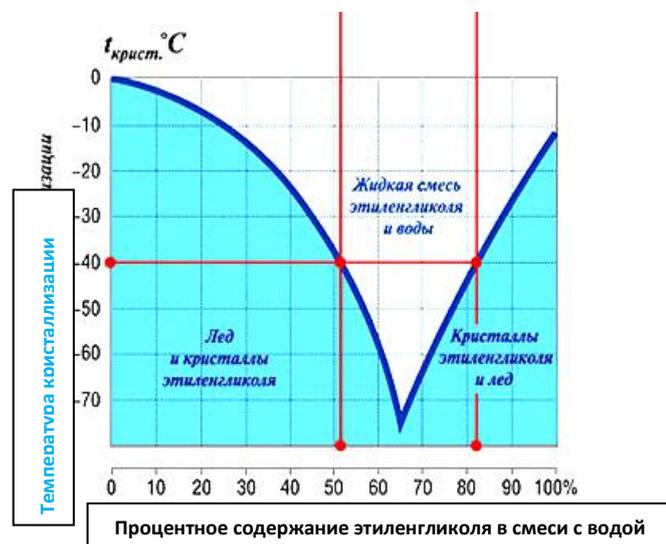
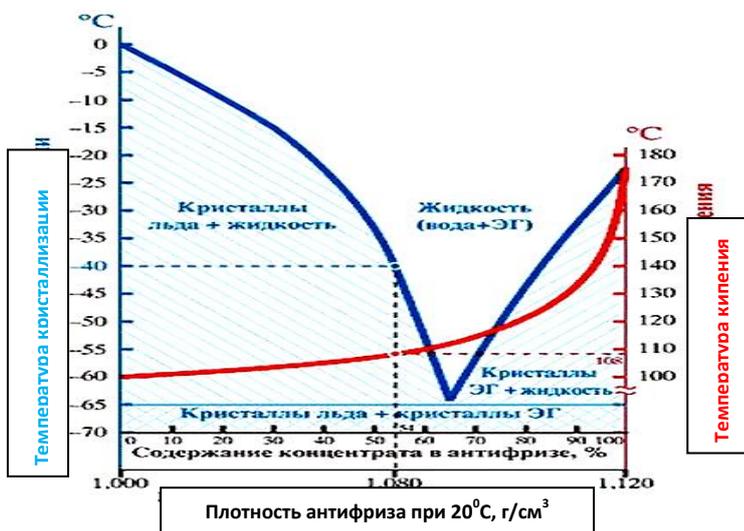


Рисунок 4.1 – Зависимость температуры кристаллизации и кипения от плотности антифриза

Рисунок 4.2 – Зависимость температуры кристаллизации от процентного содержания этиленгликоля в смеси с водой

Присадки для антифриза бывают нескольких видов: на основе силикатов, солей и смешанные. Первые являются самыми проверенными для отечественных автомобилей. Однако добавлять присадку на основе силикатов в новые автомобили не следует, для этих машин лучше подходят гибридные виды присадок. Важно отметить, что не все антифризы могут использоваться в комплексе с конкретными присадками.

Промышленность выпускает несколько основных марок охлаждающих жидкостей-антифризов с гликолевой основой, смешивать которые между собой не рекомендуется:

Тосол- А, Тосол А-40, Тосол А-65, Тосол А-40М, Тосол А-65М;

"ТОСОЛ" - одно из названий антифриза, образованное из двух частей:

- "ТОС" - "Технология органического синтеза" (наименование отдела ГосНИИОХТ, создавшего антифриз);
- "ОЛ" - окончание, характерное для спиртов (этанол, бутинол, метанол).

Лена-А, Лена А-40, Лена А-65, Лена А-40М, Лена А-65М;

На основе моноэтиленгликоля Glacelf Auto Supra, Coolelf Auto Supra -26°C, Coolelf Auto Supra - 37°C;

GLACELF MDX, GLACELF PLUS, Coolelf Plus -26°C, Coolelf MDX -37°C и др.

Тосол-А, Лена-А, Glacelf Auto Supra, GLACELF MDX – концентраты с температурой кристаллизации -11,5°C и их использовать можно только после разведения дистиллированной водой. Индекс «М» в марках антифризов говорит о введении в их состав молибденово-кислого натрия (7,5-8 г/л), который предотвращает коррозию цинковых и хромовых покрытий на деталях системы охлаждения некоторых автомобилей.

Совместимость охлаждающих жидкостей определяется техническими условиями. Изготовленные по разным техническим условиям жидкости часто несовместимы, так как содержащиеся в них присадки могут вступить в реакцию друг с другом и утратить свои полезные свойства. Поэтому при необходимости восстановить уровень охлаждающей жидкости лучше доливать дистиллированную воду.

Требования к антифризам зарубежного производства, как правило, определяются стандартами ASTM (Американская ассоциация по испытанию материалов) и SAE

(Общество автомобильных инженеров США). Эти стандарты регламентируют свойства концентратов и антифризов исходя из их основы (этиленгликоля или пропиленгликоля) и условий эксплуатации. Например, этиленгликолевые жидкости предназначены:

- по ASTM D 3306 и ASTM D 4656 - для легковых автомобилей и малых грузовиков;
- по ASTM D 4985 и ASTM D 5345 - для двигателей, работающих в тяжелых условиях: длительно эксплуатируемых в режимах, близких к максимальной мощности, на внедорожной технике, больших грузовиках, в стационарных силовых установках и т.п. Эти жидкости отличаются тем, что перед использованием в них необходимо добавлять специальную присадку.

Импортные антифризы по ASTM D 3306 можно использовать для отечественных автомобилей.

### Замена антифриза

Плановая замена необходима потому, что даже при нормальной эксплуатации в антифризе постепенно уменьшается содержание присадок и коррозия деталей двигателя усиливается. Жидкость больше пенится, следовательно, хуже передает тепло и двигатель может перегреваться. Как правило, плановую замену рекомендуется осуществлять через два года, а при интенсивной эксплуатации - каждые 60 тыс. км. пробега автомобиля.

Досрочная замена может потребоваться при попадании в систему охлаждения выхлопных газов, например, через неисправную прокладку головки блока, или воздуха в местах утечки, что приводит к ускоренному старению жидкости. Признаками необходимости этого может являться:

- на внутренней поверхности расширительного бачка образуется желеобразная масса;
- при легком морозе (до  $-15^{\circ}\text{C}$ ) антифриз становится кашицеобразным и в бачке обнаруживается осадок;
- электровентилятор радиатора системы охлаждения срабатывает все чаще.

Таблица 4.1 - Основные показатели некоторых антифризов

Показатели	Тосол –А, Лена – А, Glacelf Au- to Supra	Тосол А- 40, Лена А-40	Тосол А-65, Лена А-65 GLACELF PLUS
Эксплуатационная плотность при $20^{\circ}\text{C}$ , кг/м <sup>3</sup> , (г/см <sup>3</sup> )	1120-1140 (1,120-1,140)	1075-1085 1,075-1,085	1085-1095 (1,085-1,095)
Температура кристаллизации, $^{\circ}\text{C}$ , не выше	---	-40	-65
Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$ , не ниже	+170	+105	+105
Этиленгликоль, % по массе, не более	96,0	53,0	63,0
Вода, % по массе, не более	3,0	44,0	35,0
Присадки, общее количество, г/л	6,1	3,0	3,08

## 4.1 Жидкости для гидравлических систем

### Тормозные жидкости

#### *Основные свойства тормозных жидкостей*

1. *Температура кипения.* Чем она выше, тем меньше вероятность образования паровой пробки в системе. При торможении автомобиля рабочие цилиндры и жидкость в них нагреваются. Если температура превысит допустимую, ТЖ закипит, и образуются пузырьки пара. Несжимаемая жидкость станет “мягкой”, педаль “провалится”, а машина не остановится вовремя. Чем быстрее ехал автомобиль, тем больше тепла выделится при торможении. А чем интенсивнее замедление, тем меньше времени останется на охлаждение колесных цилиндров и подводящих трубок. Это характерно для частых длительных торможений, например в горной местности и даже на равнинном шоссе, загруженном транспортом, при резком “спортивном” стиле управления автомобилем. Внезапное закипание ТЖ коварно тем, что водитель не может предугадать этот момент.

2. *Вязкость* характеризует способность жидкости прокачиваться по системе. Температура окружающей среды и самой ТЖ может быть от минус 40°С зимой в неотапливаемом гараже (или на улице) до 100°С летом в моторном отсеке (в главном цилиндре и его бачке), и даже до 200°С при интенсивном замедлении машины (в рабочих цилиндрах). В этих условиях изменение вязкости жидкости должно соответствовать проходным сечениям и зазорам в деталях и узлах гидросистемы, заданным разработчиками автомобиля. Замерзшая (вся или местами) ТЖ может блокировать работу системы, густая будет с трудом прокачиваться по ней, увеличивая время срабатывания тормозов. А слишком жидкая повышает вероятность течей.

3. *Воздействие на резиновые детали.* Уплотнения не должны разбухать в ТЖ, уменьшать свои размеры (давать усадку), терять эластичность и прочность больше, чем это допустимо. Распухшие манжеты затрудняют обратное перемещение поршней в цилиндрах, поэтому не исключено подтормаживание автомобиля. С усевшими уплотнениями система будет негерметичной из-за утечек, а замедление - неэффективным (при нажатии педали жидкость перетекает внутри главного цилиндра, не передавая усилие тормозным колодкам).

4. *Воздействие на металлы.* Детали из стали, чугуна и алюминия не должны корродировать в ТЖ. Иначе поршни “закинут” или манжеты, работающие по поврежденной поверхности, быстро изнашиваются, а жидкость вытечет из цилиндров либо будет перекачиваться внутри них. В любом случае гидропривод перестает работать.

5. *Смазывающие свойства.* Чтобы цилиндры, поршни и манжеты системы меньше изнашивались, тормозная жидкость должна смазывать их рабочие поверхности. Царапины на зеркале цилиндров провоцируют течи ТЖ.

6. *Стабильность* - устойчивость к воздействию высоких температур и окислению кислородом воздуха, которое в нагретой жидкости происходит быстрее. Продукты окисления ТЖ разъедают металлы.

7. *Гигроскопичность* - склонность тормозных жидкостей на полигликолевой основе поглощать воду из атмосферы. В эксплуатации - в основном через компенсационное отверстие в крышке бачка. Тормозная жидкость имеет одно неприятное свойство: она впитывает влагу. Из-за постоянных перепадов температуры в ней образуется и накапливается конденсат. Чем больше воды растворено в ТЖ, тем раньше она закипает, сильнее густеет при низких температурах, хуже смазывает детали, а металлы в

ней корродируют быстрее. Наличие в тормозной жидкости всего 2–3 процентов воды снижает температуру ее кипения примерно на 70 градусов. На практике это означает, что при торможении DOT-4 (аббревиатура DOT (Department of Transport), является обозначением класса допуска по стандартам безопасности автомобилей. Чем выше класс, тем, естественно, лучше качества тормозной жидкости), например, закипит, не разогревшись и до 160 градусов, в то время как в «сухом» (то есть без влаги) состоянии это произойдет при 230 градусах. Последствия будут такие же, как если бы в тормозную систему попал воздух: педаль становится колом, тормозное усилие резко ослабевает.

В основном тормозные жидкости производят на спирто-касторовой, гликолевой и на нефтяной основе. Свойства жидкостей улучшаются добавлением присадок, между собой эти жидкости смешивать нельзя.

Тормозные жидкости на касторовой основе имеют хорошие смазывающие свойства и не вызывают набухание или разъедание резиновых деталей тормозной системы автомобилей, не смешиваются с водой. Готовятся жидкости на базе касторового масла и спирта – марки **БСК** (смесь 50% бутилового спирта и 50% касторового масла), **ЭСК** (40% этилового спирта и 60% касторового масла) и **АСК** (60% изоамилового спирта и 40% касторового масла). Недостатком спиртокасторовых жидкостей является способность касторового масла при низких температурах (ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ ) выпадать из смеси в виде кристаллов, что может привести к заклиниванию тормозной системы. Поэтому не рекомендуется их применение при температуре окружающего воздуха ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Тормозные жидкости на гликолевой основе получают из многоатомных спиртов, состоят из смеси гликолей с присадками (антикоррозионными, вязкостными), имеют хорошие низкотемпературные свойства (застывают при температуре ниже  $-60^{\circ}\text{C}$ ), но имеют плохие смазывающие свойства, гигроскопичны. И постепенное смешивание с водой, поглощаемой из атмосферы, приводит к заметному ухудшению характеристик тормозной жидкости. Понижается температура кипения, увеличивается вязкость, ускоряется процесс коррозии металлических составляющих тормозной системы. Гликолевые тормозные жидкости ядовиты.

Основные марки: ГТЖ-22М (65% диэтиленгликоля, 32% этилкарбитаола, 3% этилцеллозольва), ГТЖ-А – «Нева» (51...59% этилкарбитаола, 31...34% диолов, 5% эфиров карбитаола, 13,5% смеси гликолей), ГТЖ-А2М – «Томь» (смесь гликолей и эфиров борной кислоты).

Тормозные жидкости на нефтяной основе готовятся из деароматизированного керосина и загущаются до необходимого уровня полиизобутиленом. Жидкость тормозная марки ГТН имеет низкую температуру застывания (ниже  $-60^{\circ}\text{C}$ ), хорошую вязкостно-температурную характеристику и лишена всех недостатков, присущих жидкостям на спирто-касторовой и гликолевой основах. Жидкость имеет запах, свойственный нефтепродуктам. Применение жидкости ГТН допускается только в тормозных системах, оборудованных шлангами и уплотнениями из маслостойкой резины.

Тормозные жидкости на силиконовой основе (SBBF — silicon based brake fluids, содержит не менее 70% двуорганополисилоксана). Кроме тех преимуществ, что свойственны для гликолевых жидкостей, жидкости на основе полимерных продуктов хороши еще и тем, что практически не адсорбируют влагу. Рабочий диапазон температур для таких жидкостей значительно шире, что позволяет использовать их в автотранспорте.

Если же отталкиваться не только от химического состава жидкости, но и от ее физических характеристик, то единого стандарта, который бы регламентировал основные рабочие характеристики тормозной жидкости, в нашей стране пока нет. Однако большинство производителей уже давно и успешно пользуются так называемыми нормами DOT, введенными Министерством транспорта США. Исходя из этих норм, все выпускаемые на данный момент силиконовые жидкости можно разделить на несколько классов – DOT3, DOT4 и DOT5.1. Жидкость DOT3 в настоящее время уже практически не используется по той причине, что подходит она только для автомобилей с барабанными тормозами. Тормозная жидкость DOT4 залита в тормозную систему практически всех современных автомобилей. Для эксплуатации автомобиля в гражданских условиях ее характеристик вполне хватает. В спортивных дорожных автомобилях целесообразнее применять жидкость DOT5.1 (не содержит силикона, гигроскопична). Температура ее кипения в сравнении с таковой для жидкости DOT4 выше как минимум на тридцать градусов. В отдельную группу можно выделить тормозные жидкости DOT5. Данные тормозные жидкости изготовлены на основе силикона и с жидкостями на гликолевой основе не сочетаются.

К тормозным жидкостям предъявляются определенные требования, соответствующие условиям постоянной интенсивной эксплуатации:

- температура закипания должна быть высокой, как для экстренного торможения, так и для штатного применения;
- температура застывания должна быть низкой для эксплуатации авто при пониженной температуре окружающего воздуха, что актуально для большей части нашей страны;
- низкая гигроскопичность ТЖ, гарантирует малую впитываемость влаги, и более ----
- долгий срок службы жидкости;
- высокие антикоррозийные и смазывающие свойства ТЖ;
- отсутствие «агрессивности» к РТИ (резино-техническим изделиям).

### *Амортизаторные жидкости*

Амортизаторы, установленные на автомобилях, предназначены для гашения колебаний кузова на упругих элементах подвески, они делают ход автомобиля плавным даже при движении по бездорожью. Амортизаторные жидкости являются рабочей средой в гидравлических амортизаторах рычажно-кулачкового и телескопического типа, а также в телескопических стойках.

Основным показателем амортизаторных жидкостей является кинематическая вязкость при положительных и отрицательных температурах. Так, при температуре -20°C вязкость не должна превышать 800 мм<sup>2</sup>/с. При более высокой вязкости работа амортизаторов резко ухудшается и происходит блокировка подвески.

Амортизаторные жидкости должны обладать хорошими смазывающими свойствами, обеспечивая достаточную износостойкость амортизаторов, не должны быть склонны к ценообразованию, так как это снижает энергоемкость амортизатора и нарушает условия смазывания пар трения.

Также важными характеристиками амортизаторных жидкостей являются стабильность против окисления, механическая стабильность, испаряемость и совместимость с резиновыми уплотнениями.

Амортизаторные жидкости получают загущением вязкостными присадками (винипол и др.), низкозастывающих маловязких высокоочищенных нефтяных масел и

представляют собой маловязкую нефтяную основу, содержащую, как правило, вязкостную, депрессорную, антиокислительную, противоизносную, диспергирующую и антипенную присадки. Основное требование, предъявляемое к качеству амортизационных жидкостей – пологая вязкостно-температурная кривая и низкая температура застывания.

Выпускают несколько марок амортизаторных жидкостей:

Хорошими эксплуатационными свойствами обладают всесезонные амортизационные жидкости АЖ-16 (вязкость при +50<sup>0</sup>С не менее 16 сСт) и АЖ-12Т (вязкость не менее 12 сСт), АЖ-12Т, ГРЖ-12 и МГП-12 (под торновой маркой «Славол-АЖ»), предназначены для телескопических и рычажных амортизаторов. Жидкости загрязняются в процессе эксплуатации продуктами износа деталей амортизаторов и продуктами окисления самих жидкостей, поэтому через каждые 25-30 тыс. км пробега необходимо заливать свежую жидкость.

Таблица 4.2 - Характеристики некоторых амортизаторных жидкостей

Показатели	АЖ-12Т	МГП-12 («Славол-АЖ»)	ГРЖ-12
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с при температуре:			
50 <sup>0</sup> С, не менее	12,0	12,0	12,0
100 <sup>0</sup> С, не менее	3,6	3,8	3,8
-40 <sup>0</sup> С, не более	6500	6200	6500
Температура вспышки, <sup>0</sup> С, не ниже	165	140	140
Температура застывания, <sup>0</sup> С, не выше	-52	-50	-50
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup> , не более	917	917	917
Стабильность против окисления	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Осадок после окисления, %	---	---	---
Испытание на коррозию	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает
Содержание механических примесей и воды, %	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Кислотное число до (после) окисления, мг КОН/г	0,4 (0,1)	0,4 (0,1)	0,4 (0,1)

## 5 Конструкционные материалы

### 5.1 Лакокрасочные материалы

Лакокрасочные материалы служат для создания на окрашиваемой поверхности прочного слоя из лаков и красок, предохраняющего изделие от разрушающего воздействия внешней среды, и для декоративной отделки изделий. Основными элементами строения многослойного лакокрасочного покрытия являются: слой грунта, слой шпатлевки и несколько слоев краски, которые наносятся в определенной технологической последовательности.

Основное назначение грунта – обеспечить высокую адгезию между металлом и последующими слоями покрытия, защита от коррозии металла.

Шпатлевка служит для выравнивания окрашиваемой поверхности. Местный шпатлевочный слой имеет целью выравнивание крупных дефектов, общий – получение гладкого покрытия по всей окрашиваемой площади. Шпатлевка должна хорошо прилипать к грунтам, иметь высокую механическую прочность.

Краски наносятся в несколько слоев, число которых зависит от требований, предъявляемых к внешнему виду покрытия, от условий его эксплуатации и т.д. Краски должны быть атмосферостойкими, устойчивыми к воздействию технических жидкостей., хорошо закрывать цвет нижележащих слоев покрытия.

Лакокрасочные материалы обозначаются пятью группами знаков:

1 – определяет вид лакокрасочного материала и обозначается полным словом (лак, эмаль, грунтовка, шпатлевка);

2 – определяет основную смолу, входящую в состав пленкообразующего вещества и обозначается двумя буквами (ГФ-глифталы, ПФ-пентафталы, ФЛ-фенольные, МЛ-меламинные, ЭП-эпоксидные, НЦ-нитроцеллюлозные и др.);

3 – определяет группу, к которой отнесен материал по его назначению (0-грунтовки и лаки полуфабрикатные, 00-шпатлевки, 1-атмосферостойкий, 2-стойкий внутри помещения, 5-специальный для кожи, резины и т.д., 7-стойкий к нефтепродуктам и химическим реагентам, 8-термостойкий (от 60 до 500 С), 9-электроизоляционный);

4 – определяет порядковый номер, присвоенный данному лакокрасочному материалу (обозначается одной, двумя или тремя цифрами);

5 – определяет цвет материала и обозначается полным словом (белая, голубая, красная и др.).

Например: «Эмаль МЛ – 12 – 38 – голубая».

Компоненты лакокрасочных материалов:

1. Пленкообразователи – (твердые или жидкие вещества, способные создавать сплошную твердую покровную пленку) составляют основу лаков, красок, грунтовок и шпатлевок. От них зависит прочность соединения лакокрасочного покрытия с окрашиваемой поверхностью, стойкость против воздействия внешней среды. Жидкие пленкообразователи – масла льняное, конопляное, хлопковое, подсолнечное и др. Твердые – шеллак, канифоль и продукты ее переработки, асфальт и т.д.

2. Пигменты – вещества, придающие краске желательный цвет. К ним относятся превращенные в порошки окислы металлов (железа, цинка, свинца, титана и др.), неорганические вещества (мел, охра), алюминиевая и бронзовая пудра.

3. Растворители – (летучие жидкие органические соединения, испаряющиеся без остатка) служат для растворения пленкообразователей и образования лаков. К ним относятся растворители №№ 646, 647, 648, 650 (смесь ацетона, ацетатов, спиртов и ароматических углеводородов), бензин-растворитель (уайт-спирит).

4. Разбавители – используются для частичной замены растворителя и для понижения вязкости лакокрасочных материалов. Избыток разбавителя может вызвать свертывание пленкообразователя и выпадения его в осадок. К ним относятся: разбавители РДВ, каменноугольный ксилол, скипидар, каменноугольный сольвент (сольвент-нафта).

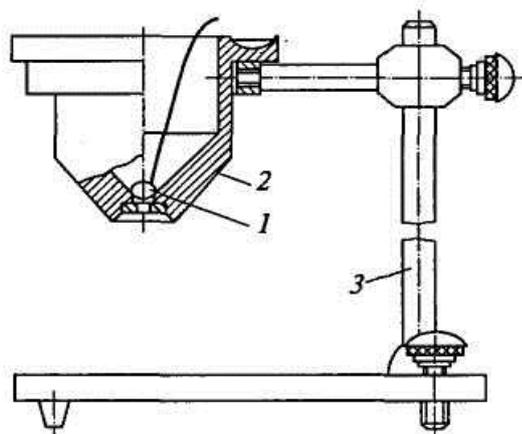
5. Пластификаторы – (жидкие и твердые нелетучие органические продукты: камфора, касторовое масло, трикрезилфосфат и др.) добавляются к нитроцеллюлозным лакокрасочным материалам для придания покрытию эластичности.

6. Сиккативы – (окислы свинца, марганца, кобальта или соли органических кислот этих металлов) вещества, ускоряющие процесс образования лаковой масляной пленки красок, содержащих олифу. Большое количество сиккативов вызывают увеличение времени высыхания.

7. Наполнители – (инертные - мел, гипс, каолин, тальк; активные – гидрат окиси алюминия, блакфикс) применяются в качестве примеси к слишком насыщенным и укрывистым красителям с целью частичной их замены, способствуют более полному осаждению красителя и лучшему его закреплению на поверхности.

Наиболее важные показатели свойств лаков и красок:

1. Вязкость - оптимальная ее величина зависит от сорта краски, а также должна соответствовать выбранному способу нанесения. Измеряется с помощью вискозиметра ВЗ-4 с диаметром отверстия 4 мм (вязкость выражается временем в сек., в течение которого из вискозиметра вытекает под собственным весом  $100 \text{ см}^3$  краски). Вязкость при  $20^\circ\text{C}$ : метод окунания – 15-20 с, нанесение распылителем – 20-30 с, нанесение кистью – 30-60 с. При повышенной вязкости возрастает толщина и снижается прочность слоя краски, при пониженной – уменьшается толщина слоя пленки и увеличивается расход растворителя.



1-шарик; 2-стакан; 3-штатив

Рисунок 5.1 – Вискозиметр для определения вязкости лакокрасочных материалов

2. Розлив – способность краски давать ровную гладкую поверхность, без штрихов от кисти и без рябин при нанесении пульверизатором. Розлив считается удовле-

творительным, если штрихи исчезают не позднее, чем через 10 мин. после нанесения краски на поверхность.

3.Время высыхания – измеряется в минутах при заданной температуре до момента образования тонкой пленки на поверхности. Полное высыхание определяют с помощью кусочка ваты или марли, прижимаемых к покрытию в течении 30 сек. грузом в 200 г и с опорной поверхностью в 1 см<sup>2</sup> (слой считается высохшим, если на нем не остается следов). Продолжительность высыхания зависит от характера материала и температуры воздуха. Наиболее быстро высыхают нитроэмали (полное высыхание при 20 С – 15-20 ми.).

4.Укрывистость – свойство краски при нанесении ее тонким равномерным слоем делать невидимым цвет окрашиваемой поверхности. Укрывистость зависит от количества и качества пигментов в краске; по этому показателю судят о расходе краски (чем меньше показатель укрывистости, тем меньше расход краски).

5.Адгезия – способность пленки краски прилипать к окрашиваемой поверхности.

6.Прочность при ударе – способность пленки не разрушаться при действии ударной нагрузки.

7.Прочность при изгибе – характеризуется минимальным диаметром стержня (20, 15, 10, 5, 3 и 1 мм), изгибание на котором металлической пластинки под углом 180°, окрашенной краской, не вызывает механического разрушения покрытия.

8.Прочность при растяжении – измеряется в миллиметрах глубины прогиба металлической пластинки в момент разрушения нанесенной на нее пленки покрытия.

9.Твердость пленки –выражается отношением времени затухания колебаний маятника, установленного на поверхности пленки, ко времени затухания колебаний того же маятника, установленного на стеклянную пластинку.

10.Бензо- и маслостойкость – способность лакокрасочных покрытий находиться в бензине или моторном масле в течении определенного времени при заданной температуре без видимых изменений состояния пленки (отслаивания, появление морщин и пузырей).

Лакокрасочные материалы (ЛКМ) наносятся только на предварительно подготовленную поверхность, с которой удаляются пыль, грязь, следы нефтепродуктов, ржавчина, окалина, остатки негодного старого покрытия.

Сцепление первого слоя покрытия с плохо подготовленной поверхностью получается очень слабое. При плохой адгезии коррозия развивается невидимо под слоем ЛКМ. Наиболее опасной в этом отношении является окалина, которую следует особенно тщательно удалять. Окалина — это продукт окисления поверхности металла при взаимодействии с внешней средой.

Металлические детали, очищенные от загрязнения, как правило, подвергаются пассивированию. Под пассивированием, или пассивацией, понимают повышение коррозионной устойчивости поверхности металла с помощью создания на ней защитной пленки.

Если пассиватор вводится в состав первого слоя ЛКМ (грунтовок), то процесс пассивирования не предшествует окраске, а совмещается с ней. Таким пассиватором обычно бывают соли хромовой кислоты ( $PbCrO_4$ ,  $ZnCrO_4$ ).

Ответственные изделия, работающие в условиях повышенного коррозионного воздействия, подвергаются предварительной пассивации (фосфатированию). Для этого используется орто-фосфорная кислота или препараты на ее основе. Создаваемая при этом на поверхности металла фосфатная пленка кроме защитных свойств облада-

ет пористым строением, что значительно улучшает адгезию и препятствует распространению коррозии при местном разрушении.

На подготовленную поверхность наносится первый слой покрытия — грунт.

Он служит для обеспечения высокой адгезии между металлом и последующими слоями покрытия. Грунтовка — материал, из которого образуется грунт, наносится кистью, распылением или окунанием. Важно, чтобы разрыв во времени между окончанием подготовки поверхности под покраску и нанесением грунтовки был как можно меньше.

Высушенный грунт имеет толщину слоя порядка 15—20 мкм, поэтому видимые дефекты на поверхности металла сохраняются. Чтобы их устранить прибегают к местному и общему шпатлеванию. Местное шпатлевание выравнивает крупные дефекты. Общее позволяет получить гладкое покрытие по всей поверхности окрашиваемой площади.

При местном шпатлевании шпателем или куском листовой резины наносится слой шпатлевки на дефектные участки, при этом его толщина не должна превышать 0,5 мм, в противном случае слой получится недостаточно эластичный, будет растрескиваться и крошиться. Каждый слой просушивается и шлифуется грубой абразивной шкуркой № 80—120, затем очищается от пыли и зерен абразива. Общее число слоев шпатлевки должно быть не более двух. При необходимости окончательное выравнивание достигается нанесением на всю поверхность шпатлевочного слоя толщиной 50—100 мкм. После этого проводится сушка и шлифование мелкозернистыми шкурками № 150—220. При этом шпатлевка разбавляется растворителем до необходимой вязкости и наносится обычно при помощи краскораспылителя.

Обработанный шпатлевочный слой, а при его отсутствии грунтовочный покрывается несколькими слоями краски. Краски наносят теми же способами, что и грунты. Самый распространенный способ — пневмораспыление.

Краску разводят до вязкости 17—30 с по ВЗ-4 и распыляют под давлением сжатого воздуха 200—600 кПа. Предварительный подогрев ЛКМ снижает их вязкость, что позволяет выполнять работу при пониженном давлении, используя меньшее количество растворителя. При этом расход растворителя уменьшается на 30—40 %, а толщина слоя покрытия увеличивается в 1,5—2 раза и сокращаются потери на туманообразование.

Ручные краскораспылители обеспечивают производительность 100—200 м<sup>2</sup>/ч. Сжатый воздух перед распылением рекомендуется очищать от влаги и масла.

Каждый слой краски проходит этап сушки, а наружные слои могут подвергаться шлифованию, полированию и покрытию лаком.

В процессе сушки определяют время высыхания от пыли. Это время от начала высыхания до появления матового пятна от «дыхания». Спустя некоторое время после окраски на покрытии образуется тончайшая полутвердая пленка, на которой при выдыхании на нее на расстоянии 10 см от рта немедленно начнут конденсироваться выдыхаемые вместе с воздухом пары воды. Начало их конденсации, которое обнаруживается по возникновению на поверхности матового пятна, принимается за момент завершения высыхания от пыли.

Повышение температуры воздуха, при которой происходит сушка, сокращает время, отводимое на нее. Некоторые виды эмалей предполагают только горячую сушку. Сушку покрытий в естественных условиях используют при окрашивании быстровысыхающими ЛКМ (такие, как акриловые, виниловые, нитроцеллюлозные, перхлорвиниловые и др.).

Продолжительность сушки можно сократить, используя технологию нанесения слоев покрытия «сырой по сырому». В этом случае на грунтовку или первый слой эмали, высушенные до исчезновения отлипа (сушат примерно 10—15 мин) наносят последующий слой ЛКМ. Этот слой сушат требуемое время (от 24 до 48 часов), при этом хорошо просыхают и недосушенные первые слои.

## 5.2 Резиновые материалы

Современный грузовой автомобиль имеет от 200 до 500 резиновых деталей, на изготовление которых расходуется 250-400 кг каучука, что составляет в переводе на резину порядка 500-800 кг. Резина широко применяется в автомобильной технике – пневматические шины, гибкие шланги, приводные ремни, сальники, муфты, электрическая изоляция и т.д. Получают резину вулканизацией резиновой смеси, состоящей из каучука, серы и добавок (ингредиентов); каучук – главная составляющая часть резины. Резина представляет собой сложный по составу материал, включающий в себя несколько компонентов:

*Натуральный каучук (НК)*– получают из млечного сока (латекса) каучуконосного дерева – бразильской гевеи. В латексе содержится 30-40% каучука в виде мелких частиц (глобул) размером от 0,1 до 6 мкм. НК принадлежит к числу типичных термопластичных полимеров.

Натуральный каучук является полимером изопрена ( $C_5H_8$ )<sub>n</sub>. Он растворяется в жирных и ароматических растворителях (бензине, бензоле, хлороформе, сероуглероде и др.), образуя вязкие растворы, применяемые в качестве клеев. При нагреве выше 80—100°С каучук становится пластичным и при 200°С начинает разлагаться. При температуре —70°С НК становится хрупким. Обычно НК аморфен. Однако при длительном хранении возможна его кристаллизация

*Синтетические каучуки (СК)*– основное сырье для отечественной резиновой промышленности, многие из которых по ряду свойств значительно превосходят НК. СК также относятся к термопластам. Важнейшие из синтетических каучуков:

*СКБ* – бутadiensовый, используется при производстве резиновых автотракторных деталей, по многим своим свойствам уступает НК.

*СКС* – стирольный, используется при производстве пневматических шин; по своим свойствам значительно лучше СКБ, а по некоторым – и НК.

*СКИ* – изопреновый, имеет такую же формулу, как и НК и обладает такими же свойствами, как натуральный каучук. Используется при производстве пневматических шин, резиновых камер к шинам и т.д.

*Хлоропреновый (наират)* – по всем показателям, кроме морозостойкости, значительно превосходит лучшие сорта НК (натурального каучука).

*Каучуки специального назначения:*

*Нитрильный каучук и тиокаучук* –благодаря им, резина становится бензо- маслостойкой.

*Кремний-каучук* –содействует повышенной теплостойкости резины.

*Бутил-каучук* – обладает повышенной газонепроницаемостью, один из лучших материалов для изготовления автомобильных камер.

*Наирит* является отечественным хлоропреновым каучуком.

Вулканизация может проводиться термообработкой даже без серы, так как под действием температуры каучук переходит в термостабильное состояние. Резины на основе наирита обладают высокой эластичностью, вибростойкостью, озоностойкостью, устойчивы к действию топлива и масел, хорошо сопротивляются тепловому старению. (Окисление каучука замедляется экранирующим действием хлора на двойные связи). По температуроустойчивости и морозостойкости (от  $-35$  до  $-40^{\circ}\text{C}$ ) они уступают как НК, так и другим СК. Электроизоляционные свойства резины на основе наирита ниже, чем у резины на основе неполярных каучуков. (За рубежом такой каучук выпускается под названием *неопрен*, *пербунан-С* и др.)

*СКН* — бутадиеннитрильный каучук — продукт совместной полимеризации бутадиена с нитрилом акриловой кислоты. Резины на основе СКН обладают высокой прочностью ( $\sigma = 35$  МПа), хорошо сопротивляются истиранию, но по эластичности уступают резинам на основе НК, превосходят их по стойкости к старению и действию разбавленных кислот и щелочей. Резины могут работать в среде бензина, масел в интервале температур от  $-30$  до  $+130^{\circ}\text{C}$ . Резины на основе СКН применяют для производства ремней, конвейерных лент, рукавов, маслобензостойких резиновых деталей (уплотнительные прокладки, манжеты и т.д.). *Тиоколы* — полисульфидные каучуки.

Из смеси каучука с серой, наполнителями и другими веществами формуют нужные изделия и подвергают их нагреванию. При этих условиях атомы серы присоединяются к двойным связям макромолекул каучука и «сшивают» их, образуя дисульфидные «мостики». В результате образуется гигантская молекула, имеющая три измерения в пространстве — как бы длину, ширину и толщину. Полимер приобретает пространственную структуру. Если к каучуку добавить больше серы, чем нужно для образования резины, то при вулканизации линейные молекулы окажутся «сшитыми» в очень многих местах, и материал утратит эластичность, станет твёрдым — получится эбонит. До появления современных пластмасс эбонит считался одним из лучших изоляторов.

В чистом виде натуральный и синтетические каучуки находят ограниченное применение (изготовление клеев, изолирующей ленты, медицинского пластыря, уплотнительных прокладок), т.к. обладают рядом недостатков (недостаточная прочность на разрыв и др.). *Вулканизация* не только повышает прочность, но изменяет и другие свойства каучуков. *Сера* является основным вулканизирующим агентом (для увеличения прочности и требуемой эластичности); в зависимости от ее содержания резина получается: мягкая (1,5-4% серы), жесткая (6-10% серы), твердая — эбонит (30-50% серы). В резинах, идущих на изготовление камер и покрышек, серы содержится 1-3% от доли имеющихся в них каучуков.

Вулканизацией называется процесс взаимодействия каучука с серой, в результате которой резиновая смесь становится резиной, температура вулканизации —  $145-150^{\circ}\text{C}$ .

Кроме каучуков и серы, в состав каждого резинового материала входят и другие компоненты — ингредиенты:

*Ускорители* — (каптакс, тиурам и др.) сокращающие время вулканизации резиновой смеси.

*Наполнители* — (инертные — улучшают технологические свойства смесей каучука с ингредиентами, активные — увеличивают прочность вулканизаторов).

*Усилители* — сажа — самый массовый усилитель (порошкообразный углерод с размерами частиц от 0,03 до 0,25 мкм), для улучшения механических свойств резины. Са-

жа вводится в современные резиновые материалы в значительных дозах – от 20 до 70% по отношению к содержащемуся в них каучуку.

*Красители* – для придания резине соответствующего цвета.

*Пластификаторы* – для облегчения формования резинового изделия.

*Антиокислители* – для замедления процессов старения резинового изделия.

*Порообразователи* – для изготовления пористых или губчатых резиновых изделий.

Не подвергшаяся вулканизации механическая смесь каучука, серы, наполнителей и других ингредиентов называется *сырой резиной* или *резиновой смесью*, из которой готовят резиновые клеи, или она используется при ремонте резиновых деталей.

Для увеличения прочности деталей из резины последняя совмещается с арматурой, т.е. с тканями, проволочными каркасами, металлической оплеткой и т.д. Для изготовления автомобильных покрышек используют специальные ткани – корд (прорезиненный), чефер, доместик, бязь (ткани полотняного переплетения); которые вырабатываются из хлопчатобумажных, искусственных (вискозных) и синтетических (капроновых, лавсановых) тканей. Ткани, используемые в производстве резиновых изделий, изготавливаются из хлопчатобумажных, вискозных, капроновых, металлических нитей.

Условия хранения резинотканевых изделий:

--температура – от -5 до +20 С, относительная влажность – не более 50 – 70% (в сыром помещении ткани загнивают, в сухом – высыхают, приобретая повышенную хрупкость);

--не контактировать с нефтепродуктами (резиновые изделия намного увеличиваются в объеме, сильно уменьшается их прочность, эластичность и твердость);

--не контактировать с водой; наибольшую опасность вода представляет для армированных деталей металлом (интенсивная коррозия).

Таблица 5.1 - Основные показатели механических свойств резины

Назначение резины	Предел прочности при разрыве, кг/см <sup>2</sup> , не менее	Относительное удлинение при разрыве, %	Остаточное удлинение при разрыве, %	Твердость по Шору
Протектор	140	450	---	53 – 65
Камера	85	500	40	---
Прослоенная резина для ремонта	220	550 - 850	40	45

Процесс вулканизации должен протекать не только при определенной температуре, но и обязательно при высоком давлении (5 кг/см<sup>2</sup> и более), иначе вулканизат получится пористым и непрочным, не образуется сплошного соединения резиновых деталей. На вулканизацию автопокрышек и автомобильных камер при одностороннем подогреве с температурой подогрева 145<sup>0</sup>С принято среднее время:

---на 1 мм толщины сырой резины – 4...5 мин.;

---на 1 слой прорезиненной ткани – 8...10 мин.

При двустороннем подогреве продолжительность времени вулканизации сокращается ровно на одну треть. Двусторонний подогрев необходимо применять при вулканизации толстостенных резиновых изделий.

### 4.3 Клеящие материалы

Клеями называются жидкие или пастообразные многокомпонентные системы, основой которых являются высокомолекулярные вещества, обладающие высокой адгезией к твердым поверхностям. Прочность клеевого шва зачастую не уступает прочности механических соединений. Основным показателем качества клея является механическая прочность клеевого шва. Клеевой шов испытывают на разрыв и скалывание и определяют удельную нагрузку, при которой шов разрушается. Прочность клеевого соединения зависит от сил адгезии и когезии. По назначению все клеи подразделяются на универсальные (для склеивания разнородных твердых и эластичных материалов в различных сочетаниях: металл-металл, металл-резина, металл-дерево, пластмасса-стекло и т.д.) и специальные (для склеивания определенных материалов).

Классификационным признаком клеев является вид связующего (термопластичные и терморезиновые полимеры – смолы), в соответствии с чем различают клеи карбинольные, фенольные, эпоксидные, полиамидные, резиновые и т.д. Для придания определенной вязкости в клеи вводят ацетон, спирт, смеси бензина с этилацетатом и др. Для уменьшения осадки клея при отверждении и предупреждения появления трещин и клеевой пленки, в него добавляют порошкообразные наполнители (металлы, стекло, фарфор, цемент и др.).

*Основные виды материалов для склеивания:*

*Бутваро-формальдегидные (БФ)* – спиртовые растворы терморезиновой фенолоформальдегидной смолы, модифицированной для повышения эластичности швов бутваром. БФ-2 и БФ-4 служат для соединения твердых материалов, БФ-6 – для склеивания тканей между собой и прикрепления их к металлам, пластмассам и т.д. Клеевое соединение из них сушат при температуре 90-100<sup>0</sup>С в течении 1-3 часов.

*Фенольные (ВС-10Т, ВС-350, ВИАМ-Б-3)* – растворы синтетических смол в органических растворителях. Применяется для соединения фрикционных накладок с тормозными колодками и дисками сцепления, для склеивания стальных деталей, дюралюминиевых, пластмассовых и др. положительные особенности: высокая теплостойкость, масло и бензостойкость, защитная способность против коррозии.

*Эпоксидные клеи и пасты* – являются лучшими из всех клеев (рабочая температура клеевых швов от -60 до +100<sup>0</sup>С для холодного отверждения и +120<sup>0</sup>С для горячего отверждения, разложение клеевого шва начинается при 320-340<sup>0</sup> С). Клеевой шов стоек к действию воды, нефтепродуктов, слабых кислот и щелочей, слегка набухает при воздействии спирта или ацетона. Основной состав – эпоксидная смола (ЭД-6), отвердитель и пластификатор.

---карбинольный – для склеивания металлов, керамики, стекла, пластмасс в различном сочетании, кроме эластичных;

---эпоксид П и ПР – склеивание металлов между собой и другими материалами, заделки трещин, выравнивание вмятин и других операций ремонта деталей и агрегатов автомобиля.

*Клеи для резины* – специальные клеи №61 и №88Н (для приклеивания резины к металлу, стеклу, пластмассам и др. твердым материалам); резиновые НК (приклеива-

ние резины к дереву); раствор резиновой смеси в бензине №200 (приклеивание к металлу обивки, резины, картона и кожи). При ремонте автомобильных резиновых изделий (методом горячей вулканизации) применяют специальные сорта сырой резины, из которых важнейшими являются прослоечная, протекторная и камерная.

*Казеиновый клей* – при изготовлении и ремонте деревянных изделий.

*Дихлорэтан* – для склеивания органического стекла. Можно также приготовить клей, состоящий из опилок органического стекла, растворенных в дихлорэтаноле или в муравьиной кислоте.

*Модифицированные фенольные клеи* для приклеивания тормозных накладок к тормозным колодкам. Отверждение их проводят при 155°C и давлении 7 МПа в течение 12 мин в прессе, окончательное отверждение осуществляют при 150°C в течение 11 ч.

*Клей ВК-38* для приклеивания фрикционных накладок, обладающий высокой термостойкостью (до 400 °С). Клеи можно использовать для соединения отдельных элементов двигателя внутреннего сгорания и изготовления головок блоков цилиндров вместо производства цельной конструкции методом литья.

*Анаэробные композиции.* Наиболее важная область применения - стопорение резьбовых крепежных деталей, таких как шпилька, винты и болты крепления вспомогательного оборудования, гайки фланцевых соединений, гайки тяг, кузовные болты, шатунные болты, винты крепления поддонов и крышек, винты и гайки электрооборудования, болты крепления поршневых пальцев, винты крепления защитных козырьков и зеркал, болты амортизаторов и др. Анаэробные составы выпускают под марками Анатерм и Унигерм, в США и других странах под марками Локтайт и др.

#### 4.4 Изоляционные материалы

К изоляционным материалам относят материалы, практически не проводящие электрический ток. Они используются в качестве изоляции при производстве и ремонте автотракторного электрооборудования. Такие материалы устойчивы против влаги, теплостойки, с высокой механической прочностью.

1.Изоляционные ленты (полоски ткани, покрытые с одной или обеих сторон резиновым клеем) и поливинилхлоридные ленты (покрытые с одной стороны клейким раствором). Применяют как изоляционный материал при различных работах, связанных с изоляцией токоведущих проводов в агрегатах и механизмах.

2.Изоляционные лаки– смесь асфальта или битума, растительного масла, органического растворителя и сиккатива (№№ 458, 460, 447, 13, 1154 и др.). Применяют для изоляции обмоток полюсных катушек генераторов и стартеров, для защиты электродеталей от влаги и нефтепродуктов.

3.Прессшпан – бумажная масса, пропитанная льняным маслом, выпускается в виде листов твердого картона. Применяется для изоляции в электрических машинах.

4.Слюда – тугоплавкий слоистый минерал. Это диэлектрик с высокими электроизоляционными свойствами, выдерживает нагрев до 500 С. Применяется как диэлектрик в конденсаторах, коллекторах электрогенераторов и стартеров.

5.Миканит – листы слюды, склеенные под горячим прессованием. Применяется как изоляционный материал между коллекторными пластинками генератора и стартера.

6.Фибра представляет собой монолитный материал, получаемый в результате прессования листов бумаги, предварительно обработанных нагретым раствором хлористого

цинка и отмытых в воде. Фибра поддается всем видам механической обработки и формованию после размачивания ее заготовок в горячей воде.

7.Летероид — тонкая листовая и рулонная фибра, используемая для изготовления различного вида электроизоляционных прокладок, шайб и фасонных изделий.

8.Асбестовые бумаги, картоны и ленты изготавливаются из волокон хризотилового асбеста, обладающего наибольшей эластичностью и способностью скручиваться в нити. Все асбестовые материалы стойки к щелочам, но легко разрушаются кислотами.

## Список использованных источников

1. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
2. Грамолин А. В. Топливо, масла, смазки, жидкости, материалы для эксплуатации и ремонта автомобилей /А. В. Грамолин, А. С. Кузнецов/. – М.: Машиностроение, 1995. – 63 с.
3. Чулков П. В. Топлива и смазочные материалы: ассортимент, качество, применение, экономия, экология /П. В. Чулков, Н. П. Чулков/. – М.: Политехника, 1996. – 302 с.
4. Кириченко Н. Б. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: АСАДЕМА, 2003. – 205 с.
5. Стуканов В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: ФОРУМ-ИНФА-М, 2003. – 208 с.
6. Бобович Б. Б. Химики – автолюбителям: справочник /Б. Б. Бобович и др/. – СПб.: Химия, 1992. – 319 с.
7. Синельников А. Ф. Автомобильные топлива, масла и эксплуатационные жидкости. краткий справочник. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2003. – 176 с.
8. Павлов В. П. Автомобильные эксплуатационные материалы /В. П. Павлов, П. П. Заскалько/. – М.: Транспорт, 1982. – 150 с.
9. Мотовилин Г. В. Автомобильные материалы: справочник /Г. В. Мотовилин, М. А. Масино, О. М. Суворов/. – М.: Транспорт, 1989. – 495 с.
10. Поконова Ю. В. Топливо, масла, смазки, специальные жидкости. – СПб.: Рикон, 2007. – 226 с.
11. Афанасьев С. И. Эксплуатационные материалы для автомобилей и тракторов /С. И. Афанасьев и др/. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 377 с.

Учебное издание  
Варис Виктор Степанович

Автомобильные эксплуатационные материалы  
Учебное пособие

Подготовка оригинала макета: Варис В.С.

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР № 070444 от 11.03.98 г.

Подписано в печать

Тираж

Издательство Иркутского государственного  
аграрного университета  
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н,  
пос. Молодежный

