

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕ СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

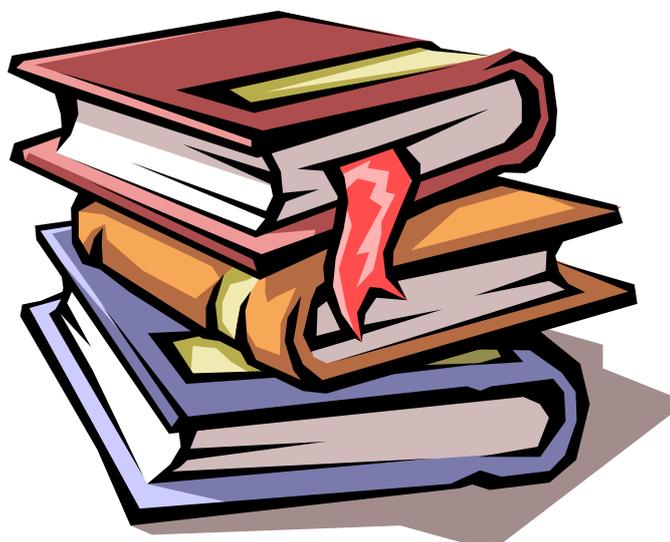
КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИЯ НЕФТЕ-ГАЗОХИМИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

Курс лекций

по предмету:

«Технология масел и специальных жидкостей»

для бакалавров направления
5321400 - Технология нефте-газохимической промышленности



Бухара – 2018 г.

Составитель:

Нуруллаева З.В. – ассистент кафедры «Технология нефте-газохимической промышленности» Бухарского инженерно–технологического института

Рецензенты:

Шарапова Н.О. - «Нефтегазисследование» ОАО

доц. Базаров Г.Р. – зав. кафедрой «Технология нефте-газохимической промышленности» Бух. ИТИ

Курс лекций утверждён на заседании кафедры «Технология нефте-газохимической промышленности», протокол №__ «__» ____20__года

Курс лекций утверждён на заседании методического совета Бухарского инженерно – технологического института, протокол №__ «__» _____20__года

СОДЕРЖАНИЕ:

| № | Наименование тем лекций | стр. |
|-----|--|------------|
| 1. | Современные методы получения топлив и масел - Получение топлив прямой перегонкой нефти. - Вторичная переработка нефти и нефтепродуктов. - Термический крекинг. Термокаталитические процессы. | 5 |
| 2. | Классификация тепловых двигателей и моторных топлив - Горючее для карбюраторных и дизельных двигателей | 22 |
| 3. | Общие сведения и основные свойства бензинов | 39 |
| 4. | Основные требования к качеству моторных топлив | 58 |
| 5. | Минеральные (нефтяные) и синтетические масла - Особенности синтетических и полусинтетических моторных масел. - Характеристика минеральных масел. | 66 |
| 6. | Моторные масла - Изменение свойств масел и оценка их качества при эксплуатации. - Классификация моторных масел. | 74 |
| 7. | Приготовление товарных масел | 82 |
| 8. | Трансмиссионные масла - Основные свойства и эксплуатационные требования к качеству трансмиссионных масел. - Приборные масла. | 97 |
| 9. | Масла для авиационных двигателей - Масла для поршневых двигателей. - Масла для турбореактивных двигателей и вертолётов. | 107 |
| 10. | Индустриальные масла - Классификация индустриальных масел. - Применение и условия эксплуатации индустриальных масел. | 117 |
| 11. | Изоляционные масла - Электроизоляционные и трансформаторные масла. - Конденсаторные, кабельные, компрессорные масла. - Турбинные масла и их ассортимент. | 124 |

| | | |
|---------------------------|---|------------|
| 12. | <p>Пластичные смазки</p> <ul style="list-style-type: none"> - Классификация и обозначение пластичных смазок. - Свойства, ассортимент, производство и методы оценки пластичных смазок. | 129 |
| 13. | <p>Смазочные - охлаждающие технологические средства</p> <ul style="list-style-type: none"> - Классификация охлаждающих жидкостей и предъявляемые к ним требования. - Тормозные жидкости, антифризы и их виды. - Жидкости для гидравлических систем и амортизаторов. <p>Пусковые жидкости и жидкости, предотвращающие появления налёта в машинах и двигателях.</p> | 140 |
| Список литературы: | | 157 |

Лекция № 1

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВ И МАСЕЛ

План лекции:

- Получение топлив прямой перегонкой нефти
- Вторичная переработка нефти и нефтепродуктов
- Термический крекинг. Термокаталитические процессы
- Гидрокрекинг. Гидроочистка
- Очистка, легирование и получение топлив товарных марок.
- Производство метилтретбутилового эфира (МТБЭ). Алкилирование

Из нефти вырабатывают основную массу (более 90%) жидких топлив и масел, а также получают многие синтетические материалы (каучук, пластмассы, битумы, различные синтетические волокна и т. д.). В небольших количествах топлива получают переработкой смол (бурых углей, сланцев), полимеризацией газообразных углеводородов и другими способами. За последние годы все шире развивается производство синтетических масел.

В нефтепереработке существуют три основных способа переработки нефти:

- по топливному;
- масляному;
- нефтехимическому варианту.

Нефтяные топлива можно получать **физическими и химическими** способами, а масла — только физическими.

К **физическим** относятся такие методы, при которых не нарушается строение углеводородов, поэтому по химическим свойствам исходная нефть и получаемые нефтепродукты будут похожими.

При **химической** переработке изменяется структура углеводородов, поэтому получаемые продукты (бензин) существенно отличаются от исходного сырья не только физическими свойствами, но и строением углеводородов, а, следовательно, химическими свойствами. Все химические процессы переработки нефти связаны с перераспределением водорода между молекулами углеводородов. При повышенных температурах в присутствии катализатора или без него углеводороды распадаются на составляющие и одна часть из них обогащена водородом, другая обеднена им.

Получение топлив для двигателей внутреннего сгорания — сложный процесс, включающий получение первичных его компонентов, их смешивание и улучшение присадками до товарных показателей качества в соответствии с требованиями стандартов. Первоначальным сырьем топлив традиционно является нефть.

Подготовка нефти к переработке. Добываемая на промыслах нефть, помимо растворенных в ней газов, содержит некоторое количество примесей - частицы песка, глины, кристаллы солей и воду. Содержание твердых частиц в неочищенной нефти обычно не превышает 1,5%, а количество воды может изменяться в широких пределах. С увеличением продолжительности эксплуатации месторождения возрастает обводнение нефтяного пласта и содержание воды в добываемой нефти. В некоторых старых скважинах жидкость, получаемая из пласта, содержит 90% воды. В нефти, поступающей на переработку, должно быть не более 0,3% воды. Присутствие в нефти механических примесей затрудняет ее транспортирование по трубопроводам и переработку, вызывает эрозию внутренних поверхностей труб нефтепроводов и образование отложений в теплообменниках, печах и холодильниках, что приводит к снижению коэффициента теплопередачи, повышает зольность остатков от перегонки нефти (мазутов и гудронов), содействует образованию стойких эмульсий. Кроме того, в процессе добычи и транспортировки нефти происходит весомая потеря легких компонентов нефти (метан, этан, пропан и т.д., включая бензиновые фракции) - примерно до 5% от фракций, выкипающих до 100 °С.

С целью понижения затрат на переработку нефти, вызванных потерей легких компонентов и чрезмерным износом нефтепроводов и аппаратов переработки, добываемая нефть подвергается предварительной обработке.

Сортировка и смешивание нефти. Различные нефти и выделенные из них соответствующие фракции отличаются друг от друга физико-химическими и товарными свойствами. Так, **бензиновые фракции** некоторых нефтей характеризуются высокой концентрацией ароматических, нафтеновых или изопарафиновых углеводородов и поэтому имеют высокие октановые числа, тогда как бензиновые фракции других нефтей содержат в значительных количествах парафиновые углеводороды и имеют очень низкие октановые числа. Важное значение в дальнейшей технологической переработке нефти имеет серность, маслянистость, смолистость нефти и др. Таким образом, существует необходимость отслеживания качественных характеристик нефтей в процессе транспортировки, сбора и хранения с целью недопущения потери ценных свойств компонентов нефти.

Однако отдельные сбор, хранение и перекачка нефтей в пределах месторождения с большим числом нефтяных пластов весомо осложняет нефтепромысловое хозяйство и требует больших капиталовложений. Поэтому близкие по физико-химическим и товарным свойствам нефти на промыслах смешивают и направляют на совместную переработку.

Четкость разделения нефти на фракции при перегонке с **однократным испарением** хуже по сравнению с перегонкой с многократным и постепенным

испарением. Но если высокой четкости разделения фракций не требуется, то метод однократного испарения экономичнее: при максимально допустимой температуре нагрева нефти 350-370 °С (при более высокой температуре начинается разложение углеводородов) больше продуктов переходит в паровую фазу по сравнению с многократным или постепенным испарением. Для отбора из нефти фракций, выкипающих выше 350-370 °С, применяют вакуум или водяной пар. Использование в промышленности принципа перегонки с однократным испарением в сочетании с ректификацией паровой и жидкой фаз позволяет достигать высокой четкости разделения нефти на фракции, непрерывности процесса и экономичного расходования топлива на нагрев сырья.

Различают две группы способов переработки нефти с целью получения топлив и смазочных материалов:

- 1) способы, не изменяющие индивидуальных углеводородов;
- 2) способы термокаталитической деструкции индивидуальных углеводородов.

В первую группу входят процессы первичной перегонки на нефтеперегонных установках, т. е. разделение нефти на отдельные фракции в зависимости от температуры их кипения.

Перегонка нефти (дистилляция) — процесс, **обязательный** для получения естественных фракций бензина, дизельного топлива и других содержащихся в нефти фракций.

В зависимости от месторождения нефть содержит 10—15 % бензиновых фракций, 15—20 % топлива для реактивных двигателей, 15—20 % дизельного топлива и примерно 50 % мазута, который, в свою очередь, является сырьем для получения различных смазочных материалов.

Вторая группа включает процессы вторичной переработки нефти, принцип которой основан на термическом разложении индивидуальных углеводородов, позволяющем существенно увеличить выход из нефти бензиновых и других фракций, улучшить их показатели качества (детонационную стойкость, химическую стабильность и пр.).

К способам вторичной переработки относят: термический крекинг; каталитический крекинг; каталитический риформинг; пиролиз; гидрокрекинг; алкилирование и пр. (см. рис.1.1).

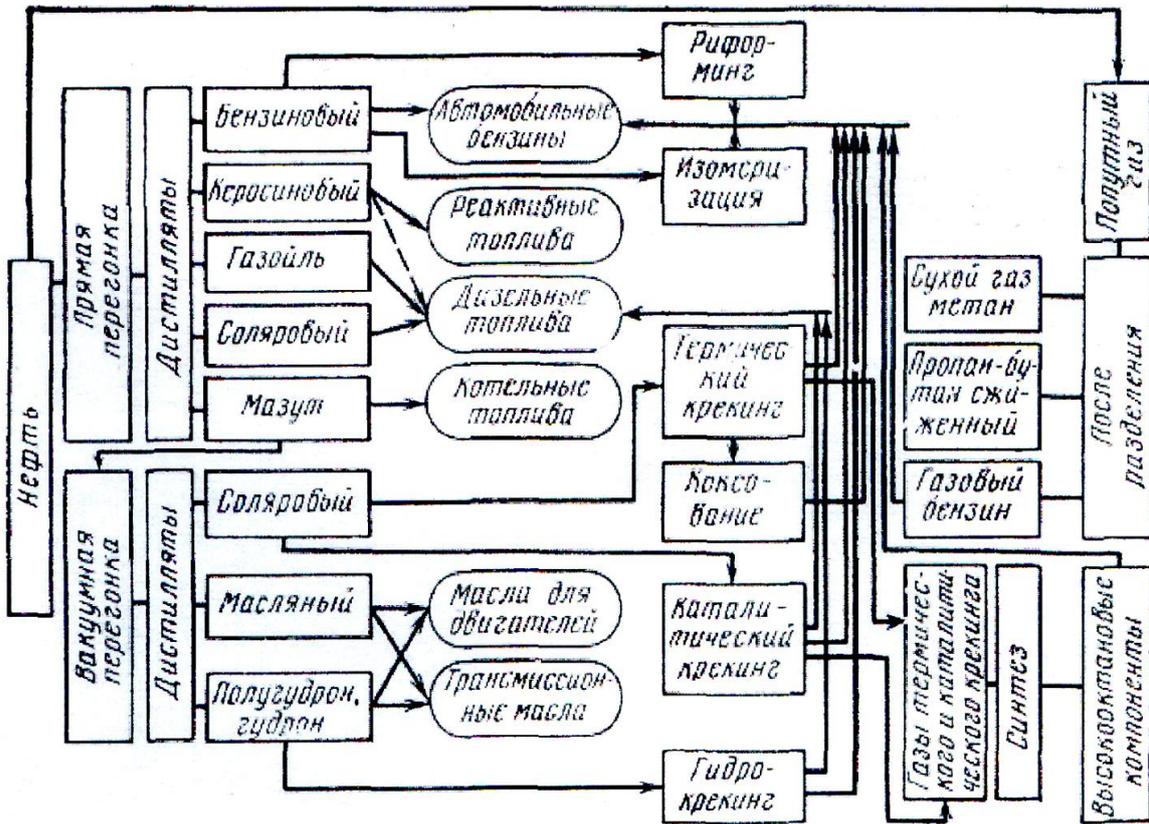


Рис.1.1 Принципиальная схема переработки нефти

Получение топлив прямой перегонкой нефти

Она относится к физическим способам переработки нефти. Ее осуществляют постепенным или однократным нагреванием. Принципиальная схема установки с однократным испарением показана на рис.1.2

Рис. 1. Принципиальная схема установки для прямой перегонки нефти с однократным испарением:

1 — центробежный насос; 2 — теплообменник; 3 — грязеотделитель; 4 — мазутный теплообменник; 5 — насос; 6 — трубчатая печь; 7 — ректификационная колонна; 8 — газосепаратор; 9 — приемник бензина; 10 — выносная отпарная секция.

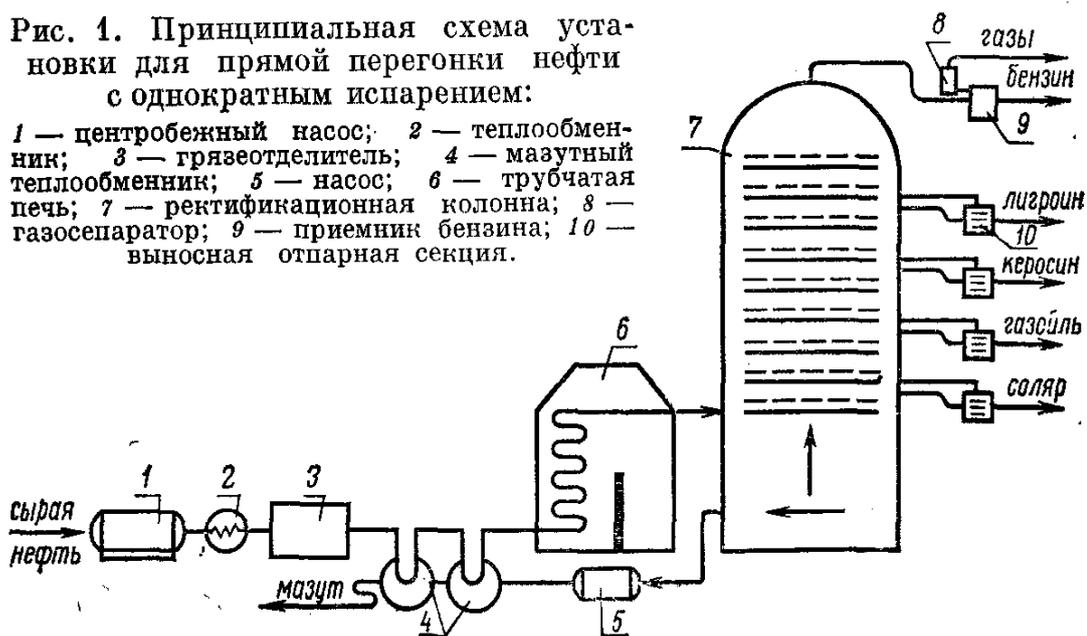


Рис.1.2 Принципиальная схема установки для прямой перегонки нефти

Основные части установки — трубчатая печь 6 для нагревания нефти и ректификационная колонна 7, где происходит разделение углеводородов на фракции. Кроме этого, имеется большое количество вспомогательного оборудования: теплообменники, отстойники, насосы, холодильники и др.

Переработка идет по следующей схеме. Сырая нефть насосом 1 прокачивается через теплообменник 2 и поступает в грязеотделитель 3, затем проходит мазутные теплообменники 4 и поступает в трубчатую печь. При выходе из печи перегретую нефть направляют в нижнюю часть ректификационной колонны 7, где она разделяется на две части: парообразную (смесь углеводородов топлив) и жидкую (мазут).

По высоте колонны имеется ряд перегородок (тарелок) с насадками. Пары поднимаются вверх, постепенно охлаждаются и конденсируются на тарелках. На каждой тарелке собирается сравнительно однородная жидкость (**дистиллят**), состоящая из смеси углеводородов с близкими температурами кипения. С верха колонны отбирают бензиновый дистиллят, а с отпарных секций 10 лигроиновый, керосиновый и газойлевый дистиллят, которые используют для получения различных видов жидких топлив.

Мазут с низа ректификационной колонны насосом 5 прокачивается через теплообменники 4 и поступает в приемник. Мазут можно использовать для производства смазочных масел, как сырье для получения бензина деструктивным разложением или сжигать как котельное топливо. Температуры кипения углеводородов, входящих в состав мазута, выше температуры его разложения (крекинга), поэтому разгонку мазута на масла ведут под вакуумом и в присутствии перегретого пара. Принципиальная схема вакуумной установки для получения смазочных масел показана на рисунке 1.3

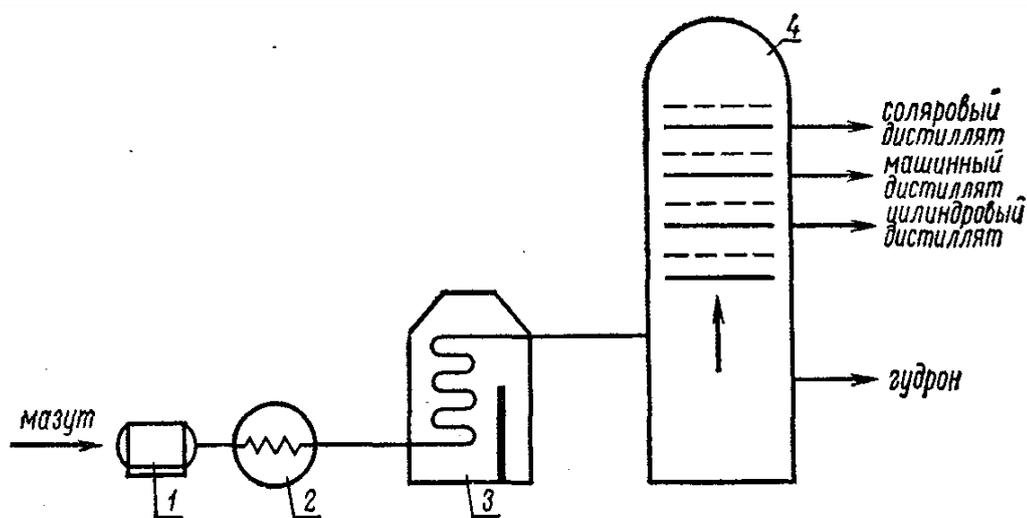


Рис.1.3 Схема вакуумной установки:

- 1 – насос; 2 – теплообменник; 3 – вакуумная трубчатая печь;
- 4 – вакуумная ректификационная колонна

Насосом 1 мазут прокачивается через теплообменник 2, где подогревается за счет охлаждения получаемых продуктов. Подогретый мазут прокачивается через трубчатую печь 3, работающую под вакуумом, где нагревается до 415-420 °С, и поступает в вакуумную ректификационную колонну 4. Здесь происходит разделение мазута на отдельные фракции, а с низа колонны отбираются гудрон или полугудрон. **Полугудрон** используют для получения высоковязких остаточных масел (типа авиационных), а гудрон — для дорожных покрытий. Масляные дистилляты (соляровый, веретенный, цилиндрический) используют для производства различных дистиллятных масел.

Полученные прямой перегонкой нефти или мазута дистилляты — это **не готовая товарная продукция**, а только сырье для производства топлив и масел. Дистилляты подвергают дополнительной перегонке, очистке и после этого получают товарные образцы.

Все современные нефтеперерабатывающие установки имеют секции первичной переработки. Их задача — разделить нефть на отдельные фракции. Для этого используют сложный комплекс автоматизированных аппаратов. Фракции, выкипающие до 330-350 °С, выделяются на установках под атмосферным давлением. Такие установки носят название **атмосферных**. Отгонять из нефти фракции, выкипающие при более высокой температуре, при атмосферном давлении нельзя, так как в этих условиях разложение углеводородов (крекинг) начинается раньше, чем их выкипание. Для более глубокого фракционирования, т. е. выделения масляных фракций, давление в установках понижают до 4—6 кПа. При этом понижается температура кипения углеводородов, что позволяет продолжить дистилляцию (перегонку) и получить уже не только топливные, но и масляные фракции. Такие установки называют **вакуумными**. Объединенные в единый комплекс атмосферная и вакуумная установки носят название атмосферно-вакуумной установки.

В атмосферных секциях выделяются следующие фракции:

- углеводородный нефтяной газ;
- бензин, выкипающий в диапазоне 35-205 °С;
- топливо для реактивных двигателей (120-315 °С);
- дизельное топливо (180-360 °С).

Оставшийся мазут подается в вакуумные секции, где под вакуумом фракционируется на легкие, средние и тяжелые масла. Если мазут предназначается для использования в качестве котельного топлива, отгоняют только его фракцию. После отгона из мазута дистиллятных масляных фракций или фракций котельного топлива остается гудрон. Гудрон уже при 30-40 °С застывает, образуя твердую массу. Его используют как сырье для

приготовления битума или масел очень высокой вязкости. Для перегонки нефть нагревают в трубчатых печах. Это большие и сложные сооружения, нагревающие до 1000 т сырья в 1 ч при тепловой нагрузке до $4,2 \cdot 10^6$ кДж/ч и КПД печи 70—80 % (КПД печи — отношение теплоты, переданной продукту, к теплоте, полученной при сгорании топлива). Из трубчатой печи нагретую до высокой температуры нефть и испарившиеся фракции направляют в специальную установку, называемую ректификационной колонной, которая представляет собой вертикально установленный прочный металлический цилиндр с наружной теплоизоляцией.

Внутри колонны поперек цилиндра расположены перегородки с отверстиями, прикрытыми колпачками (колпачковые тарелки). Часть колонны, лежащая на уровне ввода нагретого в трубчатой печи продукта, является испарительной (эвапорационной) зоной. Пары из этой зоны поднимаются в верхнюю часть колонны, проходя через колпачковые тарелки, где постепенно охлаждаются и конденсируются на тарелках различного температурного уровня. Чем выше расположены колпачковые тарелки, тем более легкие (т. е. более низкокипящие) фракции на них конденсируются. Для лучшей конденсации в верхней части колонны установлено устройство для орошения. В качестве орошающей жидкости используют фракции нефти того температурного диапазона, продукты которого выводятся из колонны в паровой фазе.

Схема комплексной атмосферно-вакуумной установки современного нефтеперерабатывающего производства приведена на рис. 1.4

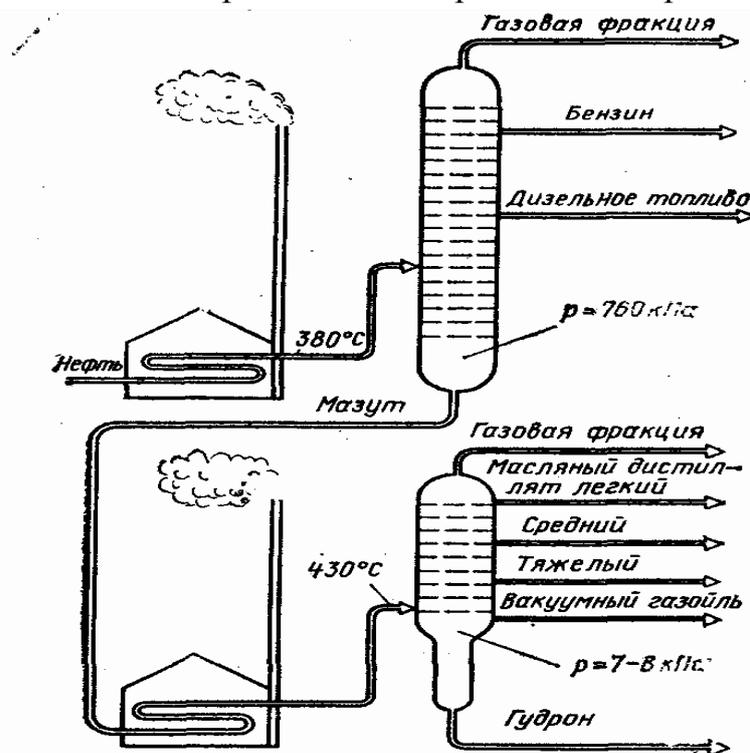


Рис. 1.4 Комплексная атмосферно-вакуумная установка переработки нефти

Результаты первичной переработки нефти на атмосферно-вакуумной установке: газ –1-1,1%; бензин – 12-18%; топливо для реактивных двигателей – 16-18%; дизельное топливо – 17-20%; масляный дистиллят – 22-23%; гудрон – 20-30%; потери и вода – 0,9%.

Вторичная переработка нефти и нефтепродуктов

Возрастающая потребность в производстве топлив и ограниченность их содержания в исходном сырье сделали необходимым применение вторичной переработки нефти, позволяющей значительно увеличить выход топливных фракций (например, выход бензина может возрасти с 20 до 60 %).

При первичной перегонке нефть подвергается только физическим изменениям. От неё отгоняются лёгкие фракции, т. е. отбираются части её, кипящие при низких температурах и состоящие из разных по величине углеводородов. Сами углеводороды остаются при этом неизменёнными. Выход бензина, в этом случае, составляет лишь 10-15%. Такое количество бензина не может удовлетворить всё возрастающий спрос на него со стороны авиации и автомобильного транспорта.

Применение только физических процессов не даёт возможности использовать весь энергетический и химический потенциал нефти. Химические процессы позволяют максимально полно получать необходимые целевые продукты и подразделяются на **термические, термокаталитические и гидрогенизационные процессы.**

К процессам термической деструкции в нефтеперерабатывающей промышленности относят: **термический крекинг, пиролиз и коксование.**

Термический крекинг. Термокаталитические процессы

При **крекинге** нефть подвергается химическим изменениям. Меняется строение углеводородов. В аппаратах крекинг-заводов происходят сложные химические реакции. Выход бензина из нефти значительно увеличивается (до 65-70 %) путем расщепления углеводородов с длинной цепью, содержащихся, например, в мазуте, на углеводороды с меньшей относительной молекулярной массой. Такой процесс называется **крекингом** (от англ. crack - расщеплять).

Крекинг изобрёл русский инженер Шухов в 1891 г. В 1913 г. изобретение Шухова начали применять в Америке. Крекингом называется процесс расщепления углеводородов, содержащихся в нефти, в результате которого образуются углеводороды с меньшим числом атомов углерода в молекуле.

Процесс ведётся при более высоких температурах (до 600 °С), часто при повышенном давлении. При таких температурах крупные молекулы углеводородов раздробляются на более мелкие для получения высококачественного топлива. Подвергать термической обработке можно не только топливные фракции нефти, но и углеводороды типа газойлей, мазутов.

Принципиально процесс происходит по следующей схеме:

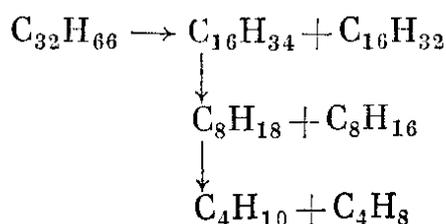


Различают неглубокий термический крекинг (*висбрекинг*) при температуре 480-490 °С и давлении 1,5-2,0 МПа для получения котельного топлива за счет снижения вязкости исходного сырья (мазут, гудрон, полугудрон).

Глубокий термический крекинг при температурах 500-540 °С и давлении более 5,0 МПа применяется для получения **бензина** с лучшими антидетонационными характеристиками (крекинг-бензин) из бензино-лигроиновых и керосино-газойлевых фракций.

Высокотемпературный термический крекинг при температурах 580-600 °С и давлении 0,2-0,3 МПа применяется для получения **бензина** с более высоким октановым числом из керосино-газойлевых фракций.

Скорость и глубина распада углеводородов зависит от их химического строения. Легче всего подвергаются расщеплению n-парафины. Чем крупнее молекула, тем быстрее она разрушается. Примерная схема распада n-алканового углеводорода следующая:



Следовательно, тяжелая молекула (например, мазута) распадается па две с одинаковым числом углеродных атомов, одна из которых нормального строения (алкан), а другая непредельная (алкен). При дальнейшем ведении процесса опять происходит разрушение алканового углеводорода. Как видно из приведенной схемы, при этом образуется большое количество непредельных (ненасыщенных) углеводородов, что ухудшает стабильность получаемых бензинов.

Наиболее устойчивы ароматические углеводороды, нафтеновые разрушаются несколько легче. Устойчивость нафтенно-ароматических и других углеводородов циклического строения зависит от длины и строения боковых цепей, которые разрушаются в первую очередь. Количество и качество продуктов крекинга в очень большой степени зависят от свойств сырья и

условий ведения процесса. Сильное влияние оказывает температура. Например, если при 400 °С для получения 30% бензина требуется 12 ч, то при 450 °С — только 20 мин, а при 500 °С — всего 30 с при прочих равных условиях. Ниже 400 °С процессы распада идут очень медленно. Чем сложнее молекула и выше ее молекулярная масса, тем, как правило, больше выход бензина. В этом случае образуется и большее количество кокса.

Существует много разновидностей установок термического крекинга для получения автомобильных бензинов. Наиболее распространен **глубокий крекинг газойле-солярового** сырья. Этот процесс ведут при температурах 500-540 °С и давлении 3,0—4,0 МПа, выход бензина составляет 45—50% от массы сырья. Бензины термического крекинга содержат в своем составе значительное количество непредельных и ароматических углеводородов, поэтому требуют глубокой очистки от смол и смолообразующих соединений, а также добавления к готовой продукции антиокислителей (стабилизаторов). Однако и после этого при длительном хранении бензинов наблюдается их осмоление.

Пиролиз (разложение веществ под действием высоких температур) используется для получения газообразных непредельных углеводородов, в основном этилена и пропилена. Проводят пиролиз при температурах 700-900 °С и давлении 1-1,2 МПа. При разгонке смолы пиролиза получают: легкое масло, сольвент, нафталиновое масло, зеленое масло, пек. Другим направлением пиролиза является получение сажи (так называемого углерода технического) при температурах 1200-2000 °С.

Коксование — высокотемпературный процесс получения высококачественного электродного или топливного кокса из нефтяных остатков. Это, как правило, пек, полученный после разгонки смолы пиролиза, мазут, гудрон, полугудрон. Проводят их коксование при температурах 490-520 °С и давлении 0,2-0,6 МПа.

Термокаталитические процессы

Суть термокаталитических процессов состоит в облагораживании исходных топлив, т.е. в получении высокооктановых бензинов с лучшими качественными характеристиками, и сырья для нефтехимии. Проводят термокаталитические процессы при различных температурах и в присутствии катализаторов (алюмосиликатов).

Каталитический крекинг проводят при температурах 470-540 °С и давлении 0,13-0,15 МПа. Сырьем для каталитического крекинга являются широкие вакуумные фракции, т.е. дистилляты прямой перегонки (до 300-350 °С), керосино-соляровые фракции и др.

Продукт каталитического крекинга – это целевой высококачественный бензин с октановым числом по исследовательскому методу 90-92. Кроме того, получают газ и легкий газойль – компонент дизельного топлива.

В среднем при каталитическом крекинге выход бензина составляет 50—55%, газа — около 5%, остаток — крекинг газойль (компоненты, добавляемые в дизельное топливо). Антидетонационные свойства бензина значительно выше, чем при термическом крекинге, так как в его составе содержится до 85—90% изопарафиновых и ароматических углеводородов. В бензинах каталитического крекинга содержится очень мало непредельных углеводородов, поэтому они высокостабильны.

Наибольшее распространение процессы каталитического крекинга получили при производстве авиационных бензинов.

Каталитический риформинг проводят при температурах 480-540 °С и давлении 0,7-1,5 или 2-4 МПа в зависимости от применяемого катализатора. Каталитический риформинг является неотъемлемым элементом нефтеперерабатывающего завода. Предназначен для получения бензина с высоким содержанием ароматических веществ, которые обладают высоким октановым числом. Сырьем являются бензиновые фракции широкого углеводородного состава. Продукты каталитического риформинга – целевое высококачественное топливо с октановым числом по исследовательскому методу около 100, а также индивидуальные ароматические углеводороды – бензол, толуол, ксилол, этилбензол. Риформинг проводят при температурах 470-520 °С на платинорениевом и при 480-530 °С на платиновом катализаторах.

В отечественной нефтеперерабатывающей промышленности риформинг занимает важное место и является основным способом производства высококачественных бензинов (в частности, бензинов АИ-93 и АИ-98). Если в качестве катализатора используют платину, то риформинг называют платформингом. Сырьем для риформинга являются бензиновые фракции с началом кипения обычно выше 110 °С. Получают от 30 до 60% мас. ароматических углеводородов, остальное составляют нафтены и парафины. Утилизация тяжелых остатков крекинга может быть проведена коксованием, которое проводится при атмосферном давлении и температуре 550 °С. При таком режиме тяжелые углеводороды превращаются в кокс и жидкие фракции, из которых можно получить бензин; кроме того, образуются нефтяные газы.

Высокооктановые компоненты бензина получают из побочных продуктов крекинга и коксования. Целевыми продуктами процесса являются **изооктан** (октановое число 100), алкилат (алкилбензин) и алкилбензол.

Все эти продукты широко применяют как добавки к товарным бензинам для повышения их детонационной стойкости. В нефтеперерабатывающей

промышленности широко внедряются комплексные автоматизированные установки. В перерабатывающие комплексы включаются установки по вакуумной перегонке мазута и висбрекинга (легкого термического крекинга) гудронов, а также установки гидрокрекинга. Это позволяет значительно увеличить выход светлых нефтепродуктов.

Гидрокрекинг

К гидрогенизационным процессам принято относить процессы, в которых значительную часть занимают реакции взаимодействия молекул с молекулярным водородом. Приставка «гидро» показывает, что очистка углеводородных фракций и их крекинг происходят под давлением водорода.

Гидрокрекинг применяют для получения бензина, реактивного и дизельного топлив. Проводят процесс при температурах 380-500 °С и давлении водорода до 15-20 МПа. Достоинством процесса является возможность перерабатывать с получением топлив практически любое углеродсодержащее сырье. Продукты гидрокрекинга содержат большое количество парафиновых углеводородов, и практически отсутствуют в них олефины и ароматические углеводороды.

Гидрокрекинг представляет собой разновидность каталитического крекинга в присутствии водорода. Гидрокрекинг кроме увеличения выхода целевого продукта может быть использован и для гидроочистки продукта, в первую очередь, от серы, что имеет большое значение, особенно при переработке сырья с высоким ее содержанием.

В качестве **катализатора** используют сульфиды вольфрама и молибдена, а также другие соединения, в том числе на основе платины. Последнюю не применяют при переработке сырья с высоким содержанием сернистых соединений, которые оказывают отрицательное влияние на платиновый катализатор. В качестве носителя катализатора применяют синтетические алюмосиликаты. Изменяя режим гидрокрекинга (давление, температуру и объемную скорость подачи реагентов), можно получать необходимые фракционный и групповой химические составы целевого продукта (бензина, реактивного или дизельного топлива). Остаточные продукты переработки можно вводить в процесс повторно.

Гидроочистка

Известно, что все сераорганические соединения не выдерживают обработки в условиях температурного воздействия при высоком давлении, в присутствии водорода и специальных катализаторов. Они распадаются с образованием углеводородов и сероводорода H_2S . Сероводород в обычных

условиях находится в газообразном состоянии и при нагревании нефтепродукта выделяется из него. Его обычно поглощают раствором моноэтаноламина в колоннах очистки и затем, после регенерации абсорбента, выделенный сероводород направляют на установки получения элементарной серы или серной кислоты.

В дизельных и бензиновых фракциях присутствие соединений содержащих серу, азот и кислород также крайне нежелательно, поскольку ведет к ухудшению работы дизельных двигателей и двигателей внутреннего сгорания, вызывая образование нагаров и, так называемых, лаковых пленок. Содержание этих соединений нежелательно и с экологической точки зрения. Гидроочистке подвергаются не только товарные целевые фракции, но и сырьевые компоненты для других установок, в которых недопустимо или нежелательно присутствие сернистых, азотосодержащих, кислородосодержащих соединений и тяжёлых металлов. В большинстве случаев это каталитические процессы, в которых вышеперечисленные вещества являются ядом для катализаторов, что существенно снижает их экономические показатели.

Основные реакции, происходящие при гидроочистке: гидрогенолиз связей углерод - гетероатом с практически полным превращением серо-, азот- и кислородсодержащих органических соединений в предельные углеводороды с одновременным образованием легко удаляемых H_2S , NH_3 и водяных паров; гидрирование непредельных углеводородов. Катализатор гидроочистки также осаждаёт на себя тяжёлые металлы. Образовавшиеся в процессе гидроочистки летучие сернистые, азотистые и кислородсодержащие соединения удаляются путем отпарки в ректификационных колоннах. Гидроочистку проводят при температуре 300-380 °С. Обычно применяются катализаторы: алюмокобальтмолибденовый (9-15% MoO_3 , 2-4% CoO) или алюмоникельмолибденовый (до 12% Mo , до 4% CoO), носитель - Al_2O_3 , иногда с добавками цеолитов, алюмосиликатов и др. Содержание водорода в водородсодержащем газе достигает до 90% по объёму, расход водорода 0,1-1,0% от массы сырья. Выход жидких продуктов обычно достигает 96-99%, суммарный выход углеводородных газов, бензина, H_2S , NH_3 и паров H_2O - 1-4%. Принципиальная технологическая схема гидроочистки: смешение сырья с водородсодержащим газом и предварительный подогрев смеси в теплообменнике; нагрев смеси в трубчатой печи; собственно гидроочистка, в одно- или многосекционном реакторе - стальном цилиндрическом аппарате; охлаждение полученного гидрогенизата; отделение его от водородсодержащего, а затем от углеводородных газов соответственно в сепараторах высокого и низкого давления с последующей ректификацией на целевые продукты; очистка газов от H_2S , NH_3 и водяных паров.

Очистка, легирование и получение топлив товарных марок

Для удаления из топлив нежелательных и вредных продуктов применяют различные **методы очистки**. Наиболее традиционным методом является щелочная очистка, которая позволяет удалить из топлива органические кислоты, сероводород и другие соединения серы. Нефтяные кислоты образуют со щелочью соли, хорошо растворимые в воде и таким образом выводимые из очищаемого продукта. Для щелочной очистки бензинов и дизельных топлив применяют 10 %-ный раствор NaOH. Причем при очистке бензинов каталитического крекинга важно обеспечить концентрацию щелочи к моменту окончания очистки не менее 4 %, так как иначе содержание фактических смол в очищенном бензине может оказаться чрезмерно высоким.

Перспективны методы избирательной адсорбции с применением молекулярных сит (цеолитов), существенно улучшающие показатели качества бензинов. Самым эффективным и перспективным методом очистки является гидроочистка. Принципы ее сходны с принципами гидрокрекинга. В присутствии катализатора и водорода идет процесс гидрирования (насыщения) непредельных углеводородов; одновременно почти полностью удаляются соединения серы. Поэтому продукты гидрокрекинга обычно не нуждаются в дальнейшей очистке. Для улучшения низкотемпературных свойств топлив (в первую очередь дизельных) применяют депарафинизацию, т. е. селективное удаление парафина. В качестве растворителей используют ацетон, жидкий пропан, дихлорэтан и другие жидкости с низкой температурой кипения. Смесь охлаждают и после застывания парафина фильтруют. Парафин остается на фильтре, а растворители после их отгонки снова используют для очистки топлива.

Присадки к топливам подразделяют по их целевому назначению. Разработаны и широко применяют следующие группы присадок.

1 группа. Присадки, улучшающие процесс сгорания топлива в двигателях. В эту группу входят антидетонаторы, присадки, уменьшающие нагарообразование, сокращающие задержку воспламенения, и противодымные присадки.

2 группа. Присадки, способствующие сохранению первоначальных показателей качества топлива. К ним относятся антиокислительные присадки, замедляющие процессы окислительной полимеризации в топливе, присадки-деактиваторы металлов и диспергирующие присадки, препятствующие выделению различных осадков из топлив.

3 группа. Присадки, предотвращающие вредное воздействие топлив на топливную аппаратуру, топливопроводы, емкости для хранения и

топливные баки. К этой группе относятся противоизносные и противокоррозионные присадки.

4 группа. Присадки, облегчающие эксплуатацию двигателей при низких температурах. Сюда входят вещества, понижающие температуру застывания топлив (депрессаторы), а также присадки, предотвращающие выделение кристаллов льда. В зависимости от назначения топлив в них вводят композиции из перечисленных видов присадок. Для бензинов, например, чаще всего применяют антидетонаторы и антиокислительные присадки.

Производство метилтретбутилового эфира (МТБЭ)

Проблема обеспечения высокой детонационной стойкости бензинов остается актуальной на любом этапе развития нефтепереработки. На современном этапе эта проблема стоит не менее остро, чем в период перехода к поколению неэтилированных бензинов. Причиной тому являются новые экологические требования к неэтилированным бензинам новых поколений, ограничивающие использование ряда высокооктановых компонентов: бензола, других ароматических углеводородов, олефинов.

Доводка эксплуатационных и экологических свойств автомобильных бензинов до требований мирового рынка является важнейшей проблемой выживания любого НПЗ и конкурентоспособности российской нефтепереработки в целом. При этом нужно четко представлять, что выработка просто неэтилированных бензинов еще не означает, что создана технология производства экологически чистых автобензинов мирового уровня. Для достижения в России требований мировых стандартов на экологически чистые автобензины необходимо не только исключить из технологии применение тетраэтилсвинца, но и существенно снизить содержание в товарных бензинах ароматики и в частности бензола, осуществить замену ароматики на изопарафиновые углеводороды. Ввести в состав бензинов высокооктановые кислородосодержащие добавки (МТБЭ, МТАЭ, ИПТБЭ, ДИПЭ и др.), которые, наряду с положительным эффектом по снижению содержания в выхлопных газах окиси углерода и углеводородов, обеспечат прирост октанового индекса автобензинов. Снизить содержание в бензинах олефинов и при всем этом повысить их дорожное октановое число ($(\text{ИОЧ} + \text{МОЧ}) / 2$) до уровня минимальных требований общеевропейских норм.

Давно известно, что двигатели внутреннего сгорания прекрасно работают, например, на низших спиртах, а метанол уже применялся как автомобильное топливо. Но самым эффективным средством является метилтретбутиловый эфир (2-метил-2-метоксипропан) $(\text{CH}_3)_3\text{COCH}_3$. Во всем мире его теперь называют МТБЭ. Это соединение как компонент автомобильных бензинов уникально во всех отношениях. Известно, что практически все низшие кислородсодержащие

соединения имеют высокое октановое число - до 100 ОЧ_И (октановое число по исследовательскому методу). А вот у МТБЭ октановое число смешения доходит до 135 ОЧ_И, в зависимости от углеводородного состава бензина, к которому добавляется МТБЭ.

Метанол CH_3OH и **этанол** $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ прекрасно растворяются в бензине, имеют неплохие октановые числа смешения, но растворимы и в воде. А поскольку в товарных бензинах всегда есть вода, то спирт будет переходить в водную фазу и с ней отслаиваться. В резервуарах при хранении он окажется внизу. Чтобы расслоения не происходило, требуется добавка гомогенизатора, например, изобутилового спирта $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$. В результате потребуются дополнительные затраты. С МТБЭ этой проблемы нет, так как он растворим только в бензине и в водную фазу не переходит.

Низшие спирты имеют значительно более низкую, чем бензин, теплоту сгорания. Это значит, что запас топлива в баке автомобиля должен быть увеличен, либо чаще надо тратить время на заправку. МТБЭ имеет равную с бензином топливную характеристику. Мало того, наличие в нем кислорода существенно улучшает процесс сгорания топлива в цилиндрах, повышая экономичность двигателя и снижая содержание в выхлопе продуктов неполного сгорания. При использовании МТБЭ сокращается расход нефти на производство заданного количества товарного бензина, а также достигается её заметная экономия благодаря смягчению требований к октановой характеристике традиционных углеводородных компонентов бензина.

Технология производства МТБЭ чрезвычайно проста. Его получают в одну стадию, присоединяя метиловый спирт CH_3OH к изобутилену (2-метилпропену) C_4H_8 . При этом не требуется ни высоких температур, ни высоких давлений. Реакцию осуществляют на специальном катализаторе (чаще всего это ионообменные смолы) с высокой селективностью и почти полной конверсией за проход. Более того, в качестве сырья, чаще всего, используют не чистый изобутилен, а фракцию C_4 каталитического крекинга, в которой кроме изобутилена присутствуют и н-бутилены (1- и 2-бутены) C_4H_8 . Селективность образования МТБЭ такова, что из смеси углеводородов в реакцию вступает только изобутилен. Тем самым синтез МТБЭ одновременно служит и процессом разделения фракции C_4 . Не прореагировавшие н-бутилены служат наряду с МТБЭ товарной продукцией установки.

Алкилирование

Алкилат является идеальным компонентом для приготовления высокооктановых бензинов, благодаря своему высокому октановому числу, низкому давлению насыщенных паров, низкому содержанию серы и уникальным свойствам не окисляться кислородом воздуха (т.е. высоким

индукционным периодом). В связи с тем, что в настоящее время усиливаются экологические требования к моторным топливам, возросло значение алкилата, как высококачественного компонента смешения.

Механизм реакции алкилирования довольно сложен. В процессе алкилирования изобутан (C_4H_{10}) вступает в реакцию с лёгкими олефинами (C_4H_8) в присутствии катализатора - серной кислоты (H_2SO_4) с образованием карбокатиона. Основная стадия реакции заключается в протонировании лёгкого олефина. При алкилировании олефинов из карбокатиона C_4 образуется карбокатион C_8 . За счет гидридного переноса от другой молекулы изобутана образуется парафиновый продукт C_8 и ещё один карбокатион C_4 , который обеспечивает дальнейший ход реакции. Так как помимо основной реакции, проходит множество побочных, то образуется целый "букет" углеводородов разного строения. Наиболее желательным является триметилпентан с высоким октановым числом.

Для получения хорошего качества товарного алкилата особую важность имеет высокое соотношение "изобутан/олефины", оптимальная продолжительность контакта, температура, и соотношение "катализатор/олефины". Реакция алкилирования протекает с выделением тепла. Поэтому в составе установки есть секция охлаждения, предназначенная для получения циркулирующего хладагента - изобутана, путем компремирования его на компрессоре и подачи его в реакционную зону. В изобутановой и бутан-бутиленовой фракциях приходящих на установку, содержится небольшое количество пропана и бутана. Так как эти алканы не участвуют в реакции, то для исключения их накопления в системе имеются ректификационные колонны.

Получаемый **алкилат** имеет высокие октановые характеристики (по исследовательскому методу более 96 пунктов), низкую упругость паров (по Рейду 0,43 кг/см² абс.) и не содержит олефиновых и ароматических углеводородов.

Контрольные вопросы

1. Как получают топлива прямой перегонкой нефти?
2. Как получают топлива вторичной переработки нефти и нефтепродуктов?
3. Опишите принцип процесса термического крекинга.
4. Как проходят термокatalитические процессы?
5. Опишите принцип процесса гидрокрекинга
6. Опишите принцип процесса гидроочистки
7. Очистка, легирование и получение топлив товарных марок.
8. Производство метилтретбутилового эфира (МТБЭ). Алкилирование.

Лекция № 2

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

1. Общая классификация продуктов нефтегазопереработки.
2. Топлива
 - 2.1 Эксплуатационные свойства топлив
 - 2.2 Топлива для двигателей с принудительным воспламенением
 - 2.3 Топлива для воздушно-реактивных двигателей
 - 2.4 Дизельные топлива
 - 2.5 Котельные, тяжелые моторные, газотурбинные и печные топлива

1. Общая классификация продуктов нефтегазопереработки

Продукция переработки нефти и газа представляет широкую палитру товарных продуктов, без которых современное общество сегодня не в состоянии обойтись. Это и энергетическое сырье – топлива, смазочные материалы, твердые углеводороды, битумы, мономеры – сырье для нефтехимии. На сегодняшний день газ и газовые конденсаты занимают все большее место, не только как топливо для энергетических установок, но и как сырье для производства ряда видов нефтепродуктов, а именно моторных топлив. Для упрощения восприятия материала обозначим всю группу продукции, вырабатываемую на основе нефти, природного газа и газовых конденсатов одним термином - «нефтепродукты».

Итак, нефтепродукты можно подразделить на следующие виды:

- 1) топлива.
- 2) масла;
- 3) смазки;
- 4) битумы;
- 5) твердые углеводороды;
- 6) смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС);
- 7) нефтяные растворители;
- 8) нефтяной кокс;
- 9) сырье для нефтехимии.

Как уже было отмечено выше, газ и газовые конденсаты используются, в основном, как топлива (природный газ, пропан, бутан) или как компоненты товарных топлив (газоконденсатные фракции 28-180 °С – как компонент автомобильных бензинов, 170- 350 °С – как компонент дизельных топлив) или как нефтяные растворители.

2. Топлива

Жидкие топлива имеют существенные преимущества перед другими видами топлив. К числу преимуществ относятся - высокая калорийность, низкая зольность, а так же удобство в транспортировке и хранении.

Калорийность. Теплотворная способность любого топлива определяется его элементным составом. Содержание водорода в нефтяных топливах в 20-25 раз выше, чем, например, в углях, а содержание кислорода меньше в 10-20 раз. Этим и объясняется высокая теплота сгорания нефтяных топлив, причем, чем больше алкановых углеводородов, тем выше удельная теплота сгорания топлива. Так теплота сгорания различных видов топлив (в кДж/кг) составляет:

| | | |
|------------------------|---|-------------|
| - древесина | - | 11500-12500 |
| - торф | - | 8000-11500 |
| - бурый уголь | - | 11000-14000 |
| - антрацит | - | 30000-32000 |
| - бензин автомобильный | - | 44000-46000 |
| - авиакеросин | - | 43000-45000 |
| - топочные мазуты | - | 41000-44000 |
| - природный газ | - | 48000-48500 |

Низкая зольность жидких топлив является очень важным их преимуществом. Отсутствие золы делает возможным применение жидких топлив в двигателях внутреннего сгорания.

Удобства транспортировки и хранения жидких топлив заключается в том, что их можно не только перевозить и хранить в герметически закрытых емкостях (цистернах), что предотвращает попадание инородных примесей, но и транспортировать по трубопроводам (топливопроводам) на значительные расстояния.

Нефтяные топлива по основному назначению можно разделить на пять групп.

В первую группу входят топлива для поршневых двигателей с принудительным воспламенением (с воспламенением от искры) - автомобильные и авиационные бензины.

Ко второй группе относят топлива для поршневых двигателей с воспламенением от сжатия (дизелей) - дизельные топлива.

Третью группу составляют топлива для воздушно-реактивных двигателей - авиакеросины либо реактивные топлива.

Четвертая группа включает топлива для газовых турбин - газотурбинные топлива (тяжелые дистиллятные фракции, в основном прямой перегонки нефти).

Пятая группа - это тяжелые топлива для стационарных котельных установок и энергетических установок различного типа (например, судовых паровых турбин) - топочные и флотские мазуты.

2.1 Эксплуатационные свойства топлив

Под эксплуатационными свойствами понимают объективные особенности топлива, которые проявляются в процессе применения его в двигателе или агрегате. Процесс сгорания является главнейшим и определяющим его эксплуатационные свойства. Процессу сгорания топлива, безусловно, предшествуют процессы его испарения, воспламенения и многие другие. Характер поведения топлива в каждом из этих процессов и составляет суть основных эксплуатационных свойств топлив. В настоящее время оценивают следующие эксплуатационные свойства топлив.

Испаряемость характеризует способность топлива переходить из жидкого состояния в парообразное. Это свойство формируется из таких показателей качества топлива, как фракционный состав, давление насыщенных паров при различных температурах, поверхностное натяжение и другие. Испаряемость имеет важное значение при подборе топлива и во многом определяет технико-экономические и эксплуатационные характеристики двигателей.

Воспламеняемость характеризует особенности процесса воспламенения смесей паров топлива с воздухом. Оценка этого свойства базируется на таких показателях качества, как температурные и концентрационные пределы воспламенения, температуры вспышки и самовоспламенения и др. Показатель воспламеняемости топлива имеет такое же значение, как и его горючесть; в дальнейшем эти два свойства рассматриваются совместно.

Горючесть определяет эффективность процесса горения топливовоздушных смесей в камерах сгорания двигателей и топочных устройствах.

Прокачиваемость характеризует поведение топлива при перекачке его по трубопроводам и топливным системам, а также при его фильтровании. Это свойство определяет бесперебойность подачи топлива в двигатель при разных температурах эксплуатации. Прокачиваемость топлив оценивают вязкостно-температурными свойствами, температурами помутнения и застывания, предельной температурой фильтруемости, содержанием воды, механических примесей и др.

Склонность к образованию отложений - это способность топлива образовывать отложения различного рода в камерах сгорания, в топливных системах, на впускных и выпускных клапанах. Оценка этого свойства базируется на таких показателях, как зольность, коксуемость, содержание смолистых веществ, непредельных углеводородов и т.д.

Коррозионная активность и совместимость с неметаллическими материалами характеризует способность топлива вызывать коррозионные поражения металлов, набухание, разрушение или изменение свойств резиновых уплотнений, герметиков и других материалов. Это эксплуатационное свойство предусматривает количественную оценку содержания в топливе коррозионно-активных веществ, испытание стойкости различных металлов, резин и герметиков при контакте с топливом.

Защитная способность - это способность топлива защищать от коррозии материалы двигателей и агрегатов при их контакте с агрессивной средой в присутствии топлива и в первую очередь способность топлива защищать металлы от электрохимической коррозии при попадании воды. Данное свойство оценивается специальными методами, предусматривающими воздействие обычной, морской и дождевой воды на металлы в присутствии топлива.

Противоизносные свойства характеризуют уменьшение изнашивания трущихся поверхностей в присутствии топлива. Эти свойства имеют важное значение для двигателей у которых топливные насосы и топливно-регулирующая аппаратура смазывается только самим топливом без использования смазочного материала (например, в плунжерном топливном насосе высокого давления). Свойство оценивается показателями вязкости и смазывающей способности.

Охлаждающая способность определяет возможность топлива поглощать и отводить тепло от нагретых поверхностей при использовании топлива в качестве теплоносителя. Оценка свойств базируется на таких показателях качества, как теплоемкость и теплопроводность.

Стабильность характеризует сохраняемость показателей качества топлива при хранении и транспортировке. Это свойство оценивает физическую и химическую стабильность топлива и его склонность к биологическому поражению бактериями, грибами и плесенью. Уровень этого свойства позволяет установить гарантийный срок хранения топлива в различных климатических условиях.

Экологические свойства характеризуют воздействие топлива и продуктов его сгорания на человека и окружающую среду. Оценка этого свойства базируется на показателях токсичности топлива и продуктов его сгорания и пожаро- и взрывоопасности.

2.2. Топлива для двигателей с принудительным воспламенением

Эти топлива предназначены для поршневых двигателей с воспламенением от искры. Двигатель состоит из одного или нескольких цилиндров, представляющих собой камеру сгорания, внутри которой

движется поршень. Поршень, посредством шатуна, соединен с коленчатым валом. Рабочие цилиндры установлены в блоке двигателя. На верхней части двигателя – головке блока имеются свечи зажигания и впускные и выпускные клапаны. Двигатель может состоять из одного или нескольких цилиндров. Попадая в цилиндр двигателя, топливно-воздушная смесь сгорает. Образующиеся, при этом дымовые газы под большим давлением давят на поршень, совершая при этом работу. Поступательное движение поршня преобразуется во вращательное движение коленчатого вала. И уже с вала снимается мощность. Чем до большей степени сжали топливно-воздушную смесь, т.е. чем больше отношение полного объема цилиндра к объему сжатия, тем большую работу совершат дымовые газы. Отношение полного объема цилиндра к объему сжатия называется - степень сжатия. Полный объем цилиндра достигается тогда, когда поршень находится в крайнем нижнем положении, а минимальный объем – объем сжатия – в крайнем верхнем положении. Эти два положения получили названия, соответственно, нижней и верхней мертвых точек, сокращенно н.м.т. и в.м.т. Топливо-воздушная смесь подготавливается в специальном устройстве – карбюраторе. В последнее время стали довольно распространены двигатели с непосредственным впрыском топлива в цилиндры – двигатели с инжектором и прочие. Для того, чтобы топливо быстро и полностью сгорело необходим избыток кислорода. Поэтому, воздуха всегда берется больше, чем требуется теоретически. Отношение реального количества воздуха к теоретическому носит название **коэффициент избытка воздуха $\alpha = G_p / G_T$** , где G_p и G_T соответственно реальное и теоретическое массовое количество воздуха. На горение топлива в таком двигателе особое влияние оказывает испаряемость. В связи с этим их фракционный состав довольно широк – от 35 до 200°C. Такие топлива получают в основном из легких бензиновых фракций нефти. Они получили название – бензины.

Рассмотрим четыре основные такта работы такого двигателя на примере одного цилиндра.

Первый такт – всасывание: поршень из в.м.т. движется вниз, впускной клапан открыт, выпускной закрыт. За счет создаваемого разрежения, в цилиндр поступает топливная смесь.

Второй такт – сжатие: поршень из н.м.т. движется вверх, оба клапана закрыты. При сжатии топливной смеси увеличивается температура, топливо испаряется. В конце такта сжатия, когда поршень находится вблизи в.м.т. на свечу зажигания подается искра и смесь воспламеняется. Образующиеся при сгорании топлива дымовые газы имеют значительно больший объем, вследствие чего, давление в цилиндре резко повышается.

Под действием давления дымовых газов и закрытых обоих клапанах, поршень движется вниз от в.м.т. совершая работу. Это **третий такт – рабочий ход**.

По достижении поршнем н.м.т. открывается выпускной клапан, и, когда поршень движется вверх от н.м.т. происходит выпуск отработанных газов, получивших название выпускных или выхлопных газов. Это **четвертый такт – выпуск**.

Далее цикл повторяется. Каждый такт соответствует $1/2$ оборота коленчатого вала. На два оборота коленчатого вала работа совершается один раз.

Такого рода двигатели устанавливаются на легковых и грузовых автомобилях, самолетах и вертолетах, лодках, катерах и другой техники. Они получили название – бензиновые двигатели. К топливам для двигателей летательных аппаратов предъявляются более высокие требования, чем к топливам для наземной техники, поэтому они выделены в отдельный класс и, таким образом, существуют два типа бензинов – авиационные и автомобильные. Авиационные бензины маркируются буквой "Б", после чего идет значение октанового числа и сортности. Например, Б-95/130.

2.3 Топлива для воздушно-реактивных двигателей

В отличие от бензинового и дизельного двигателя, в которых поступательное движение поршней цилиндров преобразуется во вращательное движение коленчатого вала, в воздушно-реактивном двигателе (ВРД) происходит непрерывное сгорание топлива на форсунках. Тепловая энергия, образующаяся при его сгорании превращается в кинетическую энергию дымовых газов, выходящих через суженое отверстие (сопло), расположенное в тыльной стороне ВРД. За счет этого создается тяговая сила противоположная по направлению движению дымовых газов. Чем выше скорость истечения газов тем большую работу они совершают, и тем выше тяговая сила двигателя. Чтобы скорость истечения газов из сопла была достаточной, необходимо обеспечить высокую интенсивность процесса сгорания топлива, что достигается поддержанием в камере сгорания соответствующих температуры и давления, а так же состава топливоздушной смеси. Воздух в камеру сгорания подается с помощью турбокомпрессора, приводимого во вращение газовой турбиной, расположенной в задней части двигателя. Отсюда и названия ВРД - турбореактивные (ТРД), турбовинтовые (ТВД), турбокомпрессорные (ТКРД). Топливо сгорает в потоке воздуха, движущемся со скоростью 35-45 м/с, т.е. в 2. Отсюда и высокие требования к теплоте сгорания топлива.

В ВРД могут применяться более тяжелые топлива и с более широким фракционным составом, чем в поршневых двигателях. Однако, утяжеление фракционного состава ведет к ухудшению процесса образования горючей смеси. Это может нарушить непрерывность горения, что вообще недопустимо, или может вызвать неполноту сгорания, что снижает к.п.д. двигателя и может стать причиной нагарообразования.

Наиболее подходящими для такого процесса сгорания являются керосиновые фракции нефти, выкипающие в пределах 120-320°C. В двигателях для дозвуковой авиации применяются топлива более легкие, для сверхзвуковой - более тяжелые. Кроме испаряемости наиболее важными характеристиками являются: теплотворная способность топлива, кинематическая вязкость, температура начала кристаллизации, содержание серы, воды, механических примесей и др.

Низкая калорийность топлива снижает тяговую силу и дальность полета, слишком высокая вязкость ухудшает распыл топлива на форсунке. Однако, топливо имеющее слишком низкую вязкость имеет плохие противоизносные свойства. Повышенное содержание нормальных парафиновых углеводородов вызывает кристаллизацию топлива в верхних холодных слоях атмосферы. Попадание в топливо воды может ухудшить его прокачиваемость. Возможность образования кристаллов льда в авиационных топливах особенно высока в связи с быстрым изменением в полете температуры и влажности воздуха, атмосферного давления. При понижении температуры и атмосферного давления и увеличении влажности растворимость воды в топливе снижается, а избыток ее выпадает в топливных баках в виде тонкодисперсных капель, способных к замерзанию. Для предотвращения образования кристаллов льда в топливо вводится присадка этилцеллозольв - жидкость "И". Сернистые соединения, особенно меркаптаны, вызывают коррозию, как топливной аппаратуры, так и камеры сгорания. Механические примеси забивают топливные фильтры, форсунки, приводят к износу лопатки турбины. Все эти явления усугубляются тем, что авиамашина находится в воздухе, и устранить повреждения, а, тем более, остановить двигатель практически невозможно.

2.4 Дизельные топлива

Поршневые двигатели с воспламенением горючей смеси от сжатия (дизели) являются самыми экономичными, поэтому их производство и применение непрерывно возрастают. Во многих отраслях народного хозяйства, в различных видах техники, где используют поршневые двигатели внутреннего сгорания, идет замена двигателей с искровым зажиганием на

более экономичные дизели. Этот процесс называют дизелизацией автомобильного парка.

Высокая экономичность дизелей обусловлена следующими причинами. В двигателях с принудительным воспламенением и внешнем смесеобразованием в такте сжатия в цилиндре находится горючая смесь. Для предотвращения преждевременного самовоспламенения смеси или появления детонационного сгорания степень сжатия в таких двигателях ограничивают, и в зависимости от качества применяемого топлива она колеблется в пределах 8 -10. В дизелях в такте сжатия цилиндр заполнен воздухом, поэтому степень сжатия может быть более высокой. Известно, что термический к.п.д. двигателя при прочих равных условиях возрастает с увеличением степени сжатия.

Дизели по степени быстроходности, т.е. по частоте вращения коленчатого вала, делят на тихоходные и быстроходные. Степень быстроходности дизеля в значительной мере определяет требования к качеству топлива. Большая часть автомобильных и тракторных дизелей относится к быстроходным, многие стационарные, а также транспортные дизели для судов морского и речного флота - тихоходные.

Одной из основных особенностей дизеля является внутреннее смесеобразование, т.е. топливо подается в цилиндр двигателя в конце такта сжатия. Температура воздуха в этот момент в цилиндре превышает температуру воспламенения топливовоздушной смеси. Перед воспламенением топливо должно испариться, а пары хорошо смешаться с воздухом. Для этого топливо должно быть распылено на мелкие капли и равномерно распределено по объему камеры сгорания. В дизелях все это достигается за счет впрыскивания топлива через форсунку под высоким давлением. В современных дизелях используют такую топливоподающую аппаратуру, которая обеспечивает наиболее полное смесеобразование и, тем самым, способствуют наиболее полному испарению топлива.

Топливо, впрыснутое в цилиндр двигателя, оказывается распыленным в воздухе, сжатым до 3,0-3,5 МПа и нагретом до 550-600⁰С. В этих условиях начинается интенсивный процесс окисления топлива, завершающийся его воспламенением. Чем быстрее идет процесс окисления топлива, т.е. чем меньше промежуток времени от начала впрыска, тем ровнее и лучше работа двигателя.

Основные требования к качеству дизельных топлив

1. И с п а р я е м о с т ь.

Испарение в дизелях начинается сразу после его впрыска в камеру сгорания и продолжается до сгорания последних порций топлива. Весь процесс испарения топлива и образование горючей смеси происходит непосредственно в цилиндре двигателя за очень малый промежуток времени в цилиндре

двигателя за очень малый промежуток времени а приготовление горючей смеси в дизеле отводится в 10 раз меньше времени, чем в карбюраторном двигателе, и в то же время в дизеле удается использовать более тяжелые топлива с худшей испаряемостью. Это объясняется тем, что в дизелях хорошо распыленное топливо впрыскиваемая в воздух, нагретый за счет сжатия до 500-600 °С. Такие условия обеспечивают интенсивный прогрев и испарение капель топлива.

Процессы испарения и смесеобразования в дизеле зависят от таких свойств топлива, как вязкость, плотность, фракционный состав, давление насыщенных паров, поверхностное натяжение, способность паров топлива диффундировать в окружающую среду, скрытая теплота испарения, теплоемкость.

Увеличение вязкости топлива ведет к укрупнению капель в факеле, ухудшению распыливания и испарения топлива. Топлива с большой вязкостью догорают в ходе такта расширения, снижая экономичность двигателя и повышая дымность отработавших газов.

При использовании топлив с высокой вязкостью крупные капли за счет большой кинетической энергии, приобретаемой при впрыске, увеличивают длину факела, повышая его дальность, При этом частично топливо попадает на стенки камеры сгорания, ухудшая процесс смесеобразования.

С другой стороны, топлива с малой вязкостью также ухудшают процесс смесеобразования. При их распылении образуются мелкие капли, скорость которых в плотном воздухе быстро падает. При укороченном факеле не используется весь объем камеры сгорания для приготовления однородной топливо-воздушной смеси. И не весь воздух участвует в процессе смесеобразования, от чего возникает избыток топлива, и неполное сгорание в той части камеры сгорания, которая расположена около форсунки.

Плотность дизельных топлив влияет на смесеобразование примерно так же, как и их вязкость. С повышением плотности увеличивается дальность факела, снижается экономичность и растет дымность отработавших газов. Плотность топлива для быстроходных дизелей должна быть в пределах 820 - 860 кг/м³.

Важной характеристикой для распыливания для распыливания топлива является поверхностное натяжение: размер капель прямо пропорционален величине поверхностного натяжения. С утяжелением фракционного состава топлив, с повышением их плотности поверхностное натяжение увеличивается. Так, если для бензинов поверхностное натяжение колеблется в пределах 0,020 - 0,024 Н/м, то для дизельных топлив эта величина лежит в пределах 0,027 - 0,030 Н/м, а для топлив тихоходных дизелей - более 0,030 Н/м.

Поверхностное натяжение зависит от содержания в топливе поверхностно-активных веществ, таких, как смолистые, сернистые и другие соединения. Чем выше содержание таких веществ, тем больше поверхностное натяжение на границе с воздухом. Хорошо очищенные малосернистые топлива имеют минимальные значения поверхностного натяжения и обеспечивают хорошее распыливание и смесеобразование.

Фракционный состав дизельных топлив оценивают так же, как и фракционный состав бензинов: температурами выкипания 50 % (об.) и конца кипения топлива. За конец кипения принимают температуру выкипания 96% (об.) топлива. Однако значения отдельных температур выкипания для оценки эксплуатационных свойств дизельных топлив и бензинов существенно различны. Пусковые свойства дизельных топлив, в какой то мере характеризует лишь температура выкипания 50% (об.) топлива. Применение очень легких топлив при низких температурах воздуха не облегчает, а наоборот, затрудняет пуск двигателя. Дело в том, что на испарение большого количества легких фракций топлива затрачивается тепло, вследствие чего снижается температура конца сжатия, и скорость протекания предпламенных реакций уменьшается.

Высокая температура выкипания 90 и 96% (об.) топлива свидетельствует о присутствии тяжелых фракций, которые могут ухудшить смесеобразование и тем самым снизить экономичность дизеля и увеличить дымность отработавших газов.

2. Воспламеняемость

Характеристикой воспламеняемости дизельных топлив служит температура самовоспламенения топлива. Чем ниже значение этого показателя, тем легче и быстрее воспламеняемое топливо, тем мягче работа двигателя.

Температура самовоспламенения как физико-химическая характеристика топлива зависит от его группового химического состава. Из трех основных групп углеводородов, встречающихся в топливах, наиболее высокой температурой самовоспламенения обладают ароматические углеводороды, а самой низкой - алканы (парафиновые). Циклановые углеводороды занимают среднее положение между ароматическими и алкановыми.

Воспламеняемость дизельных топлив определяется на установке ИТ-3 и заключается в сравнении испытуемого образца топлива с эталонными топливами, воспламеняемость которых известна. В качестве эталонных топлив применяют два индивидуальных углеводорода: цетан (н-гексадекан $C_{16}H_{34}$) и α -метил-нафталин ($C_{11}H_{10}$), Цетан имеет малый период задержки самовоспламенения и его воспламеняемость принята за 100 единиц, а α -метилнафталин имеет большой период задержки и его воспламеняемость

принята за 0. Смеси цетана с α -метилнафталином в различных соотношениях обладают разной воспламеняемостью. Цетановое число (Ц.Ч.) определяет скорость химических процессов подготовки смеси к воспламенению и характеризует период задержки самовоспламенения.

Товарные дизельные топлива должны иметь Цетановое число в определенных оптимальных пределах. Применение топлив с цетановым числом менее 40 обычно приводит к жесткой работе двигателя. Повышение цетанового числа выше 50 единиц также нецелесообразно, так как возрастает удельный расход топлива вследствие уменьшения полноты сгорания.

Цетановое число зависит от содержания и строения углеводородов, входящих в состав дизельного топлива. Наибольшие цетановые числа имеют соединения нормального строения. Углеводороды с одной или несколькими боковыми цепями обладают меньшими цетановыми числами.

3. Прокачиваемость

На прокачиваемость топлив влияют вязкость, температуры помутнения и застывания топлив.

Вязкость. В современных дизелях топливо к форсункам подают и дозируют насосы плунжерного типа. Вязкость топлив должна быть такой, чтобы обеспечить минимальное подтекание топлива через зазоры и смазку прецизионных пар топливного насоса. Поэтому ограничивается минимально-допустимый уровень вязкости дизельных топлив.

Топлива с высоким уровнем вязкости имеют плохие низкотемпературные свойства, и их применение при отрицательных температурах воздуха вызывают осложнения при подаче топлива в двигатель.

Температура помутнения. В отличие от бензинов в составе дизельных топлив может содержаться довольно много углеводородов с высокой температурой плавления. К числу их, в первую очередь, относятся алканы нормального строения. При понижении температуры высокоплавкие углеводороды выпадают из топлива в виде кристаллов, и топливо мутнеет, что вызывает опасность забивки фильтров кристаллами парафинов. Поэтому температура помутнения дизельных топлив должна быть несколько ниже температуры применения.

Температура застывания. При дальнейшем охлаждении помутневшего топлива выпавшие кристаллы высокоплавких углеводородов срачиваются, образуя пространственную решетку, в ячейках которых остаются жидкие углеводороды. С понижением температуры воздуха топливо теряет подвижность и застывает. Температура застывания дизельного топлива - это величина условная и служит критерием для определения условий применения топлива.

Механические примеси. Во время транспортирования, хранения и применения в дизельных топливах накапливаются загрязняющие примеси. Размеры таких примесей достигают 50 -60 мк. Наличие механических примесей в топливе приводит к абразивному изнашиванию частей двигателя, снижению давления впрыска топлива и ухудшению качества его распыливания. Присутствие в топливе механических примесей оценивается коэффициентом фильтруемости (К. Ф.), показывающим отношение времени фильтруемости последних двух мл. ко времени фильтрования первых двух мл. топлива. Для товарных топлив К.Ф. не должен превышать трех пунктов.

2.5 Котельные, тяжелые моторные, газотурбинные и печные топлива

Котельные топлива применяют в стационарных паровых котлах, в промышленных печах. Тяжелые моторные топлива используют в судовых энергетических установках для выработки вторичной энергии, например, водяного пара. К котельным топливам относят топочные мазуты марок 40 и 100, вырабатываемые по ГОСТ 10585-75, к тяжелым моторным топливам флотские мазуты Ф-5 и Ф-12 по ГОСТ 10585-75, моторные топлива ДТ и ДМ - по ГОСТ 1667 – 68.

В общем балансе перечисленных топлив основное место занимают мазуты нефтяного происхождения. Жидкие котельные топлива из сланцев, получаемые на установках полукоксования горючих сланцев и угля, - продукты коксохимической промышленности – составляют лишь небольшую долю общего объема применяемого топлива.

Котельные и тяжелые моторные топлива

Требования предъявляемые к качеству котельных и тяжелых моторных топлив и устанавливающие условия их применения, определяются такими показателями качества, как вязкость, содержание серы, теплота сгорания, температуры застывания и вспышки, содержание воды, механических примесей и зольность.

Ниже рассмотрим основные свойства тяжелых топлив.

Вязкость. Эта техническая характеристика является важнейшей для котельных и тяжелых моторных топлив. Она определяет методы и продолжительность сливно-наливных операций, условия перевозки и перекачки, гидравлические сопротивления при транспорте топлива по трубопроводам, эффективность работы форсунок. От вязкости в значительной мере зависят скорость осаждения механических примесей при хранении, а также способность топлива отстаиваться от воды.

При положительных температурах (50 и 80°С) условную вязкость топлив определяют по ГОСТ 6258 – 85 с помощью вискозиметра ВУМ.

Котельные и тяжелые моторные топлива являются структурированными системами. Для их характеристики, особенно при выполнении сливно-наливных операций, помимо ньютоновской вязкости необходимо учитывать реологические свойства топлив. Вязкость при низких температурах определяют по ГОСТ 1929 – 87 с помощью ротационного вискозиметра <<Реотест>>.

Для всех остаточных топлив характерна аномалия вязкости: после термической обработки или соответствующего механического воздействия повторно определяемая вязкость при той же температуре оказывается ниже начальной. Объясняется это присутствием в котельных топливах высокомолекулярных парафиновых углеводородов и асфальтено-смолистых веществ: чем их больше в топливе, тем выше вязкость и начальное напряжение сдвига:

Содержание серы. В остаточных топливах содержание серы зависит от типа перерабатываемой нефти (сернистой или высокосернистой) и технологии получения топлива. Сера в остаточных топливах находится в свободном состоянии или в связанном – меркаптановая сера, сероводород. Наиболее коррозионно-агрессивных соединений – меркаптановой серы – в остаточных топливах меньше, чем в среднестиллятных фракциях. Поэтому коррозионная активность сернистых мазутов ниже, чем сернистых светлых нефтепродуктов.

При сжигании сернистых топлив сера превращается в оксиды – SO_2 и SO_3 . Наличие в дымовых газах SO_3 повышает температуру начала конденсации влаги – точку росы. В связи с тем, что температура хвостовых поверхностей котлов (воздухоподогревателей, экономайзеров) равна точке росы дымовых газов, на этих поверхностях конденсируется серная кислота, которая и вызывает усиленную коррозию металла. Содержание серы в мазутах оказывает значительное влияние на экологическое состояние воздушного бассейна. В ряде ведущих стран мира в последние годы приняты ограничения по содержанию серы в мазутах до уровня 0,5 – 0,1%.

Теплота сгорания. Это одна из важнейших характеристик топлива, от которой зависит его расход, особенно для топлив применяемых в судовых энергетических установках, так как при заправке топливом с более высокой теплотой сгорания увеличивается дальность плавания. Теплота сгорания зависит от элементного состава топлива и определяется отношением Н/С и зольностью. Для котельных топлив она находится в пределах 39900 – 41580 Дж/кг при плотности 940 – 970 кг/м³ $Q_H=42000$ Дж/кг. Теплота сгорания высокосернистых топлив всегда ниже, чем сернистых или малосернистых.

Температура застывания. Как и вязкость, температура застывания характеризует условия слива и перекачки топлива. Она зависит от двух

основных факторов: качества перерабатываемой нефти и способа получения топлива. Для топочных мазутов марок 40 и 100 $t_{заст}$ находится в пределах 22 – 25°C и практически постоянна при хранении топлив. Тяжелые моторные топлива, получаемые смешением остаточных и дистиллятных фракций, довольно нестабильны, и их $t_{заст}$ при хранении может повышаться на 4 – 15°C. Явление это присуще только топливам, содержащим остаточные компоненты, таким как флотский мазут Ф-5, моторное топливо ДТ и ДМ и экспортный мазут. Полагают, что повышение $t_{заст}$ при хранении (регрессия) обусловлено взаимодействием парафиновых углеводородов и асфальтено-смолистых веществ с образованием во времени более жесткой кристаллической структуры. Это свойство топлив очень затрудняет их применение и не позволяет гарантировать сохранение качества после хранения и транспортирования топлив.

Большое влияние на $t_{заст}$ оказывают температура нагрева, скорость охлаждения, наличие или отсутствие перемешивания и даже диаметр сосуда, в котором она определяется. Для котельных топлив $t_{заст}$ изменяется в зависимости от условий термической обработки. С повышением температуры термообработки до 40 – 70°C $t_{заст}$ топлива возрастает. Дальнейшее повышение температуры термообработки до 100°C приводит к резкому ее снижению, что связано с изменением структуры топлива, а именно: с повышением температуры в структуре мазута, представляющего собой сплошную сетку, составленную из мелких игл с вкраплениями в нее крупных кристаллических конгломератов парафинов, последние постепенно исчезают и структура становится однородно сетчатой. Не менее важна и скорость охлаждения топлив. С увеличением скорости охлаждения $t_{заст}$, как правило, повышается за счет возникновения большого числа центров кристаллизации, равномерно распределенных по всему объему и способствующих созданию прочной структурной решетки парафина.

Для снижения температуры застывания применяют депрессорные присадки, синтезированные на основе сополимера этилена с винилацетатом. Механизм их действия заключается в модификации структуры кристаллизующегося парафина, препятствующей образованию прочной кристаллической решетки. Эффективность действия депрессорных присадок к котельным топливам зависит, прежде всего от содержания *n*-парафиновых углеводородов и их температуры плавления: чем больше их в топливе и чем выше $t_{пл}$, тем менее эффективен депрессор.

Наибольшее депрессорное действие оказывают асфальтено-смолистые вещества. Это свойство асфальтено-смолистых веществ использовали ранее как единственный способ улучшения низкотемпературных свойств котельных топлив. Количество вводимых в топливо компонентов, содержащих

асфальтено-смолистые вещества, например крекинг-остаток, ограничено, так как последний повышает вязкость и содержание серы. Наличие в топливах крекинг-остатка вызывает при эксплуатации повышенное нагарообразование, высокотемпературную коррозию за счет ванадия, концентрирующегося в асфальтено-смолистой части, делает топлива нестабильными при хранении. Асфальтено-смолистые вещества оседают и отлагаются на днищах резервуаров, мазутопроводов, что затрудняет их очистку и приводит к дополнительным затратам в эксплуатации. Отложения асфальтено-смолистых веществ на поверхности нагрева теплообменной аппаратуры увеличивают сопротивление стенки и ухудшают теплообмен.

С углублением переработки нефти содержание асфальтено-смолистых веществ в топливах будет увеличиваться, поэтому все более острой становится проблема производства стабильных котельных топлив. Асфальтены в мазутах находятся в коллоидном состоянии. Устойчивость асфальтено-содержащих дисперсных систем зависит от природы циклического углеводорода и его концентрации в дисперсионной среде. Наличие ароматических и нафтеновых углеводородов повышает седиментационную устойчивость дисперсной системы, причем для ароматических углеводородов этот эффект значительно больше, чем для нафтеновых углеводородов: ароматические углеводороды более склонны к взаимодействию с молекулами асфальтенов, растворимость последних тем больше, чем выше концентрация ароматического компонента. В такой среде асфальтены диспергируются с образованием тонкодисперсных коллоидных и молекулярно-дисперсных частиц. В среде парафиновых углеводородов образуется преимущественно грубодисперсная система. Так как нафтеновые углеводороды по строению являются промежуточными между парафиновыми и ароматическими углеводородами, то и кинетическая и агрегативная устойчивость асфальтенов в них меньше, чем в ароматических, и больше, чем в парафиновых углеводородах.

Температура вспышки определяет требования к пожарной безопасности остаточных топлив. Для топлив, используемых в судовых энергетических установках, нормируется температура вспышки в закрытом тигле ($>75-80^{\circ}\text{C}$), для котельных топлив – в открытом тигле ($90 - 100^{\circ}\text{C}$); эти нормы обеспечивают безопасную работу судовых энергетических и котельных установок. Разница между температурами вспышки в открытом и закрытом тигле составляет примерно 30°C :

| | Мазут марки 40 | Мазут марки 100 |
|---|----------------|-----------------|
| Температура вспышки. $^{\circ}\text{C}$ | | |
| в открытом тигле | 92 | 120 |
| в закрытом тигле | 61 | 93 |

Содержание воды, механических примесей и зольность. Эти компоненты являются нежелательными составляющими котельных топлив, так как присутствие их ухудшает экономические показатели работы котельного агрегата, увеличивает коррозию хвостовых поверхностей его нагрева. При использовании обводненного котельного топлива в судовых энергетических установках в результате попадания глобул воды на трущиеся поверхности деталей, прецизионных пар и нарушения таким образом условий смазывающей способности топлива возможно зависание плунжеров или форсуночных игл. Как правило, вода образует с котельным топливом очень стойкие эмульсии. Большая стойкость эмульсий обусловлена высокой вязкостью мазута и наличием в нем поверхностно- активных асфальтено-смолистых стабилизаторов. С повышением температуры эмульсии разрушаются за счет уменьшения поверхностного натяжения и вязкости.

В то же время наличие воды, равномерно распределенной по всему объему, оказывает положительное влияние на эксплуатационные свойства топлив. Испарение мелкодисперсных частиц воды происходит мгновенно в виде <<микровзрыва>>, процесс сгорания протекает плавно и с достаточной полнотой, что приводит к снижению удельного расхода топлива и дымности отходящих газов.

Механические примеси, как и вода, засоряют фильтры и форсунки, при этом нарушается процесс распыливания топлива. Установлены требования к содержанию механических примесей: для мазута марки 40 – не более 0,8% , для мазута марки 100 – не более 1,5% . Фактически топочные мазуты вырабатывают с более низким содержанием механических примесей – до 0,1% и лишь на отдельных нефтеперерабатывающих предприятиях эти значения приближаются к установленным по ГОСТ 10585 – 75.

Зола, определяемая показателем зольность, характеризует наличие в топливе солей металлов. Она отлагается при сжигании топлив на поверхностях нагрева котлов и проточной части газовых турбин. Это ухудшает теплопередачу, повышает температуру отходящих газов, снижает к.п.д. котлов и газовых турбин.

Зольность топлив зависит, прежде всего, от содержания солей в нефти, Улучшение обессоливания нефтей на нефтеперерабатывающих предприятиях в последние годы позволило получать обессоленные нефти с содержанием солей не более 3-5 мг/л . Это, в свою очередь, позволило ужесточить требования стандарта по зольности котельных и тяжелых моторных топлив до 0,14 и 0,10% соответственно, а при использовании топлив увеличить сроки между чистками котлов.

Газотурбинное топливо

Согласно ГОСТ 10433-75 "Топливо нефтяное для газотурбинных установок" топливо получают из дистиллятов вторичных процессов и прямой перегонки нефти. В таблице ... приведены требования к качеству газотурбинного топлива. Оно характеризуется низкой зольностью – 0,01% (т.е. на уровне дизельного топлива), при повышенной зольности в проточной части турбины оседают отложения. Строго ограничивается содержание ванадия и серы. Наличие ванадия приводит к высокотемпературной ванадиевой коррозии лопаток газовой турбины, при этом коррозионно-активным является пентаоксид ванадия V_2O_5 .

Последний при температуре $>650^\circ C$, будучи в полужидком состоянии, катализирует процесс окисления металла кислородом и одновременно растворяет продукты окисления, способствуя взаимодействию кислорода с металлом. С повышением содержания ванадия в топливе скорость коррозии возрастает, и чем выше температура, тем при более низком его содержании наблюдается характерный перелом, свидетельствующий о начале катастрофического коррозионного процесса. Сера усиливает ванадиевую коррозию железных сплавов.

Даже при малом содержании ванадия возможна коррозия, вызываемая присутствием натрия и калия (натрий попадает в топливо с водой, особенно при транспортировании его водным транспортом). Сульфат натрия Na_2SO_4 , попадая в камере сгорания в зоны высоких температур, диссоциирует, при этом выделяется триоксид серы и ион кислорода. Последний взаимодействует с оксидной пленкой, и сульфат-ион в случае нарушения защитной пленки непосредственно взаимодействует с металлом лопатки, при этом образуются сульфид и оксид металла, а также ион кислорода. Обычно содержание натрия и калия в газотурбинных топливах не превышает 0,0004%.

На нефтеперерабатывающих предприятиях газотурбинное топливо по ГОСТ 10433 – 75 и ЕН 38 101858 – 80 получают компаундированием легких газойлей коксования, каталитического крекинга и прямогонных фракций дизельного топлива, выкипающих в пределах $180 - 420^\circ C$.

Контрольные вопросы

1. Общая классификация продуктов нефтегазопереработки.
2. Перечислите эксплуатационные свойства топлив.
3. Какие применяют топлива для двигателей с принудительным воспламенением?
4. Какие применяют топлива для воздушно-реактивных двигателей?
5. Характеристика и свойства дизельного топлива

Лекция № 3

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕНЗИНОВ

1. Автомобильный бензин. Общие сведения.
2. Эксплуатационные требования к качеству современных бензинов.
3. Испаряемость и фракционный состав бензина.
4. Характеристики бензина, влияющие на их подачу к приборам питания.
5. Химический и углеводородный состав. Химическая стабильность.
6. Коррозионная активность. Защитные свойства.

1. Общие сведения

Автомобильные бензины являются смесями бензиновых дистиллятов прямой перегонки, термического и каталитического крекинга. Бензин – это сложная смесь легких **ароматических, нафтеновых, парафиновых** углеводородов и их производных с числом углеродных атомов от 4...5 до 9...10, средней молекулярной массы около 100, выкипающая в пределах 35-200 °С. **Бензины** – легковоспламеняющиеся бесцветные или слегка желтые (без специальных добавок) жидкости. Основную массу бензина получают при переработке нефти или нефтяных газов. Очень небольшое количество бензина вырабатывают из смол твердых видов топлива (сланцы, каменный уголь). Бензины – легколетучие жидкости, температура вспышки минус 20-40 °С, застывания – ниже минус 60 °С. Кинематическая вязкость примерно вдвое меньше, чем у воды. Растворимость воды в бензине составляет $6 \cdot 10^{-5}$ кг/кг, кислорода – $5,5 \cdot 10^{-6}$ м³/кг. Поверхностное натяжение примерно $20 \cdot 10^{-3}$ Н/м, удельное сопротивление $3 \dots 8 \cdot 10^{10}$ Ом·м, теплоемкость 2,0...2,8 кДж/(кг·°С), теплота испарения 234...270 кДж/кг.

По мере совершенствования процессов каталитического крекинга и риформинга доля дистиллятов этих процессов в автомобильных бензинах увеличивается.

При сгорании в двигателях химическая энергия топлива преобразуется в тепловую, а тепловая — в механическую работу. По характеру образования горючей смеси тепловые двигатели внутреннего сгорания делят на два вида:

- с **внешним** смесеобразованием (карбюраторные, газовые);
- с **внутренним** (дизельные).

Автомобильные бензины разных марок, полученные различными методами из нефти, не сильно отличаются друг от друга по плотности, вязкости, поверхностному натяжению и теплоте сгорания. Но по испаряемости, стабильности и другим свойствам они резко отличаются по маркам.

Основным процессом в двигателе является сгорание, а все остальные (перемешивание топлива с воздухом, испарение, нагревание) - вспомогательные. Чем выше степень сжатия двигателя ε (отношение полного объема цилиндра двигателя к объему камеры сгорания), тем больше давление и температура горючей смеси к моменту воспламенения, тем экономичнее двигатель и эффективнее его работа. Условно можно считать, что в карбюраторном двигателе топливо сгорает за два периода. Первый продолжается с момента подачи электрической искры $5-10^\circ$ поворота коленчатого вала до начала воспламенения. В этот период топливо окисляется, нагревается и воспламеняется. Второй период - непосредственное сгорание топлива - продолжается до максимального подъема давления p и обычно заканчивается спустя несколько градусов после ВМТ. Чем выше температура рабочей смеси к моменту подачи искры, тем интенсивнее и полнее процесс сгорания.

Скорость распространения пламени в двигателях обычно составляет 25—35 м/с. На скорость горения существенно влияет химический состав топлива и его количество, величина остаточных газов в цилиндре, температура смеси и другие факторы. Наиболее интенсивно процесс сгорания идет при небольшом обогащении горючей смеси ($\alpha = 0,95$). На рис. 1 дана схема горения рабочей смеси и распространения фронта пламени в камере сгорания.

В случае увеличения степени сжатия повышаются давление и температура горючей смеси, а следовательно, и скорость ее сгорания. Резко возрастает интенсивность процессов окисления в зонах 3 и 4 (рис. 3.1), нормальное горение может перейти во взрывное, т. е. возможно детонационное сгорание.

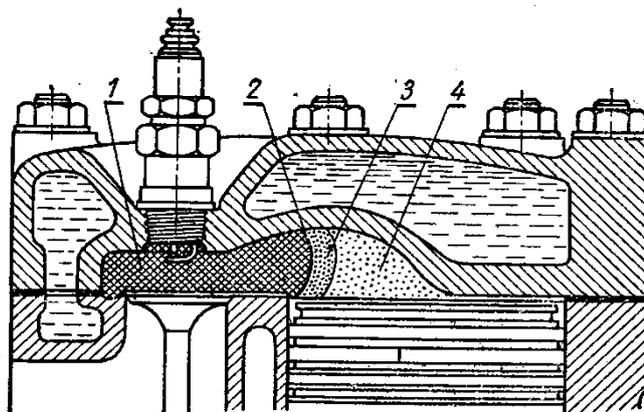


Рис. 3.1. Схема горения рабочей смеси в камере сгорания:
1 – сгоревшая смесь; 2 – фронт пламени; 3 – зона беспламенного окисления; 4 – несгоревшая смесь

При детонации в конце фазы горения происходит очень быстрое распространение фронта пламени со скоростями, достигающими до 1500—2000 м/с. Детонационные волны многократно ударяются и отражаются от стенок цилиндра, что вызывает характерный металлический стук. Начинается вибрация деталей двигателя, повышаются температура и давление оставшейся части несгоревшего топливного заряда, перегреваются детали двигателя, резко возрастают износы, падает мощность, нарушается нормальный режим работы двигателя.

Интенсивность детонации зависит от того, какая часть циклового заряда топлива детонирует. Если 93-95% циклового заряда сгорело **нормально**, а детонирует 7-5% оставшегося топлива, то **детонация слабая**.

Если же детонирует 20-25 % несгоревшей горючей смеси, то возникает очень **сильная** детонация, обычно передающаяся на другие цилиндры двигателя и вызывающая повышенные износы, а иногда и разрушение деталей двигателя (поршней, клапанов, свечей).

Если в топливе **много ароматических и изопарафиновых** углеводородов, обладающих высокой детонационной стойкостью, образование кислородсодержащих веществ идет очень медленно, и к моменту сгорания последней части циклового заряда их недостаточно для возникновения детонации.

Кроме химического состава топлива, степени сжатия и конструктивных особенностей двигателя на возникновение детонации влияют условия эксплуатации. **Наиболее благоприятны условия возникновения детонации, если горючая смесь близка к нормальной.** Обогащение и обеднение смеси снижают детонацию, так как в первом случае уменьшается активность горючей смеси из-за недостатка кислорода, меньше образуется кислородсодержащих веществ, а во втором — смесь разбавляется большим количеством избыточного воздуха, что снижает температуру и давление процесса, уменьшает скорость распространения пламени.

Для снижения детонации обычно уменьшают угол опережения зажигания или увеличивают частоту вращения. Как в первом, так и во втором случае сокращается время на подготовку горючей смеси к воспламенению, сгоранию и образованию продуктов окисления топлива. Прикрывая дроссельную заслонку, уменьшают порцию горючей смеси, что также ослабляет детонацию. Снижается склонность к детонации при лучшем охлаждении двигателя и в холодное время года, когда в двигатель поступает холодный воздух. Температура засасываемого воздуха летом значительно выше, что повышает температуру и давление горючей смеси, а, следовательно, увеличивает склонность к детонации. При повышенной

влажности воздуха количество тепла, идущее на испарение воды, увеличивается, что снижает склонность к возникновению детонации.

Изменением условий эксплуатации можно в какой-то степени ослабить детонацию, но полностью исключить ее нельзя.

Основным является правильный подбор топлива для данного типа двигателя.

Детонационная стойкость топлива – способность противостоять детонации – оценивается **октановым числом**.

Октановое число бензина прямой перегонки – 40-70, бензина термического крекинга – 70-75, каталитического крекинга – 80-90, риформинга – 80-90.

Долговечность, эффективность работы двигателя, его мощность и экономичность во многом зависят от качества применяемого топлива. Партия топлива, поступающая к потребителю, должна иметь паспорт, в котором указаны основные физико-химические свойства. Сравнив данные паспорта с требованием ГОСТ, дают заключение о качестве топлива и возможности его использования в двигателях. По физико-химическим показателям можно судить о том, как топливо будет сгорать в двигателе, не будет ли детонации, какая испаряемость и пусковые свойства, склонно ли топливо к нагарообразованию, как будут изменяться свойства при хранении, и о многом другом.

Прежде всего, топливо должно быть эффективным и удобным для применения энергоносителем, т. е. обладать большой теплотой сгорания. Кроме того, при всех условиях физико-химические свойства топлива должны **обеспечивать**:

- возможность бесперебойной его подачи из топливного бака к карбюратору, форсункам системы впрыскивания или газовому смесителю;
- образование однородной горючей смеси, т. е. тонкое распыливание и быстрое, по возможности полное испарение;
- нормальное сгорание, без самовоспламенения и детонации;
- минимальное коррозионное воздействие на детали двигателя;
- минимальное отложение нагара в камере сгорания и смолистых отложений во впускном трубопроводе, на клапанах и деталях системы питания;
- возможно большую физическую и химическую стабильность при длительном хранении, транспортировании и хранении в баках транспортных средств;
- невысокую токсичность до сгорания и минимальное образование продуктов особо высокой токсичности после сгорания.

2. Эксплуатационные требования к качеству современных бензинов

Требования, предъявляемые к качеству современных автомобильных бензинов, подразделяют на четыре группы:

1. Требования, которые предъявляют производители двигателей с искровым зажиганием к качеству применяемых бензинов: сжигание бензина в смеси с воздухом в камере сгорания должно происходить с нормальной скоростью без возникновения детонации на всех режимах работы двигателя в любых климатических условиях. Это требование устанавливает нормы на детонационную стойкость бензина.

Необходимо, чтобы бензин имел высокую теплоту сгорания, минимальную склонность к образованию отложений в топливной и впускной системах, а также нагара в камере сгорания. Продукты сгорания не должны быть токсичными и коррозионно-агрессивными.

Испаряемость бензинов должна обеспечивать приготовление горючей смеси при любых температурах эксплуатации двигателей.

Это требование регламентирует такие свойства и показатели качества бензина, как **фракционный состав, давление насыщенных паров, склонность к образованию паровых пробок.**

Производство автомобильных бензинов осуществляется на сложном комплексе различных технологических процессов переработки нефти.

2. Требования к качеству вырабатываемых автобензинов, обусловленные техническими возможностями отечественной нефтепереработки накладывают ограничения на показатели фракционного и углеводородного состава, содержание серы и различных антидетонаторов.

Условия массового производства требуют обеспечения возможности использования нефтяного сырья с возможно более широким варьированием по углеводородному и фракционному составам и содержанию различных сернистых соединений, что определенным образом влияет на установление норм в спецификациях на соответствующие показатели качества бензинов.

В целях увеличения выхода бензина из перерабатываемого нефтяного сырья производство заинтересовано в повышении температуры конца кипения, а эффективное использование бензина в двигателе возможно при определенном ограничении содержания высококипящих фракций.

Нормы на показатель детонационной стойкости устанавливаются на уровне, достижимом с использованием имеющихся технологических процессов, компонентов и присадок, допущенных к применению в составе бензинов.

Требования производителей автомобилей очень часто идут вразрез с требованиями нефтепереработчиков, и в этих случаях необходимо определить оптимальный экономически целесообразный уровень этих требований.

Примером такого компромисса является **октановый индекс**, характеризующий детонационную стойкость американских автобензинов.

Автомобилестроители США предлагали внести в спецификации оценку октанового числа бензина по исследовательскому методу, а нефтепереработчики - по моторному методу.

В результате в спецификацию был внесен показатель, равный полусумме октановых чисел по исследовательскому и моторному методам.

Требования, связанные с транспортированием и хранением бензинов, обусловлены необходимостью сохранения их качества в течение нескольких лет.

Автомобильный бензин с завода-изготовителя по существующим продуктопроводам, железнодорожным, водным и автомобильным транспортом подается на крупные региональные перевалочные нефтебазы. С этих баз хранения бензин поступает на нефтебазы, снабжающие автозаправочные станции (АЗС), а далее автомобильными цистернами на АЗС.

Транспортирование, хранение и применение бензина непосредственно на автомобилях осуществляются в различных климатических условиях при температуре окружающего воздуха от - 50 до + 45 °С, при этом необходимо обеспечить нормальную работу двигателя.

Требования, связанные с транспортированием и хранением, регламентируют такие свойства автобензина, как физическая и химическая стабильность, склонность к потерям от испарения и образованию паровых пробок, растворимость воды, содержание коррозионно-агрессивных соединений и т. д. На длительное хранение, как правило, поступают бензины летнего вида с высокой химической стабильностью (индукционный период не менее 1200 мин).

3. Испаряемость и фракционный состав бензина

Испаряемость бензина оценивается показателями **фракционного состава** и летучести (**давление насыщенных паров**, потери от испарения и склонность к образованию паровых пробок).

Испаряемость бензина должна обеспечивать оптимальный состав топливовоздушной смеси на всех режимах работы двигателя независимо от способа ее приготовления. По способу приготовления смеси топлива с воздухом различают двигатели карбюраторные, в которых состав топливовоздушной смеси в основном задается конструкцией карбюратора, и инжекторные (с впрыском), в которых состав смеси регулируется

электронной системой в зависимости от состояния двигателя и условий его работы.

С **испаряемостью** бензина связаны такие характеристики двигателя, как

- пуск при низких температурах;
- вероятность образования паровых пробок в системе питания в летний период;
- приемистость автомобиля;
- скорость прогрева двигателя;
- износ цилиндропоршневой группы;
- расход топлива.

Фракционный состав бензинов характеризуется температурами начала перегонки и выкипания: 10, 50, 90% объема бензина, конца кипения; объемом остатка в колбе и потери (%).

В последнее время чаще стали пользоваться объемами (%) испарившегося бензина при температуре 70, 100, 180 °С.

Характеристику бензина по **холодному запуску** принято связывать с температурой перегонки 10% бензина или объемной долей (%) бензина, перегоняемого при 70 °С.

Большинство современных автомобилей отличаются хорошей характеристикой по холодному запуску, и значимость этого показателя спецификации как фактора, ограничивающего запуск, несколько снизилась при условии достаточной испаряемости для прогрева и обеспечения управляемости при движении. Как **характеристика прогрева**, так и характеристика управляемости при движении в общем чувствительны к испаряемости средних фракций, обозначаемой в спецификациях температурной перегонки 50% бензина или объемной долей бензина, перегоняемого при 100 °С.

Содержание **тяжелых фракций** бензина ограничивают, так как в определенных условиях эксплуатации они могут испаряться не полностью и попадать в цилиндры двигателя в жидком состоянии. При этом топливо в цилиндрах смывает масляную пленку, из-за чего увеличивается износ, разжижается масло, повышается расход топлива.

В спецификациях на автомобильные бензины предусмотрены ограничения на **давление насыщенных паров**, в зависимости от климатических условий. **Эту физическую характеристику топлива** рассматривают как фактор, влияющий на надежность работы топливной системы, а также на потери от испарения, загрязняющие атмосферу при хранении, транспортировании и применении бензина.

В лабораторных условиях давление насыщенных паров определяют при температуре 37,8 °С и регламентированном соотношении паровой и жидкой фаз.

Испаряемость топлива влияет на выбросы автомобилей, причем это влияние особенно проявляется при эксплуатации автомобиля в условиях холодной и жаркой погоды. В холодную погоду низкая испаряемость увеличивает продолжительность запуска двигателя, и поскольку топливовоздушная смесь экстремально обогащена, то выбросы несгоревших углеводородов очень велики.

Во время прогрева двигателя недостаточная испаряемость бензина приводит к обеднению смеси в начале ускорения, и если автомобиль отрегулирован на режим, близкий к пределу обеднения, то могут возникнуть проблемы приемистости из-за чередования периодов, когда топливовоздушная смесь находится за пределами диапазона воспламенения. В такие периоды увеличиваются выбросы несгоревших углеводородов и оксида углерода.

Для автомобилей, имеющих воздушную заслонку с ручным управлением, проблемы приемистости могут быть смягчены путем усиленного дросселирования в течение продолжительного времени, но это приводит к еще большему обогащению смеси и, следовательно, к увеличению выбросов несгоревших углеводородов и оксида углерода.

В жаркую погоду основная проблема заключается в образовании паровых пробок в результате испарения бензина в топливном насосе и в трубопроводах подачи топлива, что ограничивает подачу топлива в двигатель. Это приводит к обеднению смеси и ухудшению приемистости либо, в экстремальных условиях, к остановке двигателя. На автомобилях с карбюраторными двигателями высокая испаряемость может также привести к кипению топлива в поплавковой камере, вследствие чего в цилиндры поступает очень богатая топливовоздушная смесь и, как результат, увеличиваются выбросы оксида углерода и несгоревших углеводородов.

Максимальную испаряемость можно контролировать одним из двух способов:

- максимальной температурой, при которой устанавливается отношение пар-жидкость, равное 20;

- индексом испаряемости или индексом паровых пробок (ИПП), который является функцией давления насыщенных паров и количества топлива в %, испарившегося при 70 °С.

Скрытая теплота испарения - одна из важных характеристик топлива. Процесс испарения топлива происходит в условиях сложного теплообмена между топливом, воздухом и стенкой впускного тракта. Если предположить, что вся теплота, необходимая для испарения топлива, передается ему от воздуха и самого топлива, можно определить строгую зависимость между скрытой теплотой испарения и понижением температуры горючей смеси. При применении спирта в качестве топлива такое понижение температуры

настолько значительно, что широко используется для уменьшения тепловой напряженности форсированных двигателей спортивных автомобилей и мотоциклов.

Температура начала перегонки (начала кипения $t_{нк}$) ограничена в сторону уменьшения: так, она не должна быть меньше $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ для всех марок бензина летнего вида. Этим условием предусматривается гарантия от возникновения паровоздушных пробок при сохранении в то же время пусковых свойств топлива. Кроме того, дальнейшее понижение этой температуры, особенно летом, увеличило бы потери бензина от испарения при хранении и транспортировке, а также пожарную опасность при его применении.

Температура, при которой перегоняется 90 % топлива ($t_{90\%}$), и температура конца кипения ($t_{кк}$) характеризуют полноту его испарения и необходимую интенсивность подогрева впускного трубопровода. Полнота испарения топлива во многом предопределяет топливную экономичность двигателя, его мощность, токсичность отработавших газов и, наконец, износ цилиндропоршневой группы, так как неиспарившееся топливо, попадая на зеркало цилиндров, смывает с него масляную пленку.

Для автомобильных бензинов летнего вида в соответствии с требованиями стандарта температура $t_{90\%} < 180\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура $t_{кк} < 195\text{ }^{\circ}\text{C}$; для бензинов зимнего вида эти температуры должны быть соответственно не более 160 и $185\text{ }^{\circ}\text{C}$. Уменьшение температуры конца кипения современных бензинов в сравнении со снятыми с производства бензинами дало возможность уменьшить износ цилиндропоршневой группы на 20—25 %.

Для **индивидуальных углеводородов**, например, изооктана, бензола или спиртов (метанола, этанола) понятия фракционный состав не существует, так как эти жидкости выкипают при постоянной температуре, которая для каждой из них является константой.

4. Характеристики бензина, влияющие на их подачу к приборам питания

Нарушение подачи жидкого топлива из топливного бака к приборам питания происходит обычно вследствие образования в топливе паровоздушных пробок или присутствия в нем механических примесей и воды.

Паровоздушные пробки нарушают сплошность потока топлива в топливопроводе, и топливный насос перестает действовать. Особенно часто паровоздушные пробки возникают при высокой температуре окружающего воздуха, когда топливо в подкапотном пространстве автомобиля может нагреться до температуры, превышающей температуру начала его кипения. Обычно это происходит или на линии всасывания в топливный насос, или в самом насосе, где

этому способствует не только высокая температура топлива, но и пониженное его давление.

Между насосом и карбюратором возникновение паровоздушных пробок происходит реже, так как на данном участке давление топлива несколько повышено, и это затрудняет паровыделение.

В системах впрыскивания топлива (например, в современных системах с электронным управлением) опасность возникновения паровоздушных пробок практически исключена даже в самых неблагоприятных условиях, поскольку топливо подается к форсункам специальным насосом (с автономным приводом от электродвигателя), расположенным не в подкапотном пространстве, а у самого топливного бака (обычно или на уровне бака, или даже ниже его). Кроме того, топливо в насос поступает практически самотеком, а не под действием разрежения, создаваемого насосом. Большая подача насоса позволяет применить циркуляционную систему подачи, при которой топливо непрерывно циркулирует по кольцу от бака к двигателю и обратно и поэтому не может сильно нагреться в подкапотном пространстве. К тому же, в кольцевой магистрали топливо находится под сравнительно высоким давлением ($\sim 0,2$ МПа), что также препятствует образованию паровоздушных пробок.

На образование паровоздушных пробок влияют и головные фракции бензинов, т. е. фракции, характеризующиеся температурой начала кипения и температурой, при которой выкипает 10 % объема бензина. Поэтому температура начала кипения всех марок автомобильных бензинов не должна быть ниже 35 °С. Практически автомобильные бензины начинают кипеть при температуре 40—45 °С, что обычно исключает нарушение подачи топлива из-за образования паровоздушных пробок.

Подача топлива может нарушиться не только при высоких, но и при низких температурах воздуха. Низкотемпературные свойства топлива, влияющие на их подачу, определяются температурой помутнения, начала кристаллизации и застывания.

Температурой помутнения называют температуру, при которой обезвоженное, постепенно охлаждаемое топливо теряет свою прозрачность. Помутнение топлива происходит в результате образования в нем микроскопических кристаллов застывших углеводородов, например, парафина. Потерявшее прозрачность топливо еще обладает достаточной текучестью, но образовавшиеся кристаллики осаждаются на поверхности фильтрующих элементов, уменьшая их пропускную способность или даже полностью прекращая подачу топлива.

При дальнейшем охлаждении кристаллики увеличиваются и становятся видимыми невооруженным глазом. Температуру, при которой наблюдается это явление, называют **температурой начала кристаллизации**. И, наконец,

при более глубоком охлаждении кристаллики срашиваются, образуя общий неподвижный каркас, и текучесть топлива прекращается.

Температуру, при которой поверхность топлива в специальном приборе при наклоне последнего на 45° к горизонту в течение 1 мин остается неподвижной относительно стенок, условно называют **температурой застывания**.

Низкотемпературные свойства у основного вида топлива для двигателей с искровым зажиганием (обычно у бензинов) не являются препятствием к его применению, так как температура застывания бензинов ниже -60°C . Содержащийся в бензинах гексан C_6H_{14} имеет температуру застывания $-95,3^\circ\text{C}$, поэтому он улучшает их низкотемпературные свойства. Наоборот, ароматические углеводороды существенно повышают температуру застывания топлива. Например, добавление к бензину 20 % бензола повышает температуру его застывания от -60 до -40°C . Вода в бензинах растворяется в очень небольших количествах (0,04—0,08 %). Чем выше температура, влажность воздуха и атмосферное давление, тем выше растворимость воды в бензине. При попадании в бензин относительно большого количества воды могут образоваться стойкие эмульсии, которые при охлаждении расслаиваются, и тогда кристаллики выделившегося льда быстро забивают сетку топливоприемника и поверхности фильтрующих элементов.

Нарушение подачи топлива, вызываемое засорением жиклеров карбюраторов или форсунок систем впрыскивания, происходит относительно редко, так как на современных двигателях предусмотрена эффективная система фильтрации топлива.

Требованиями стандартов не допускается присутствие в топливе механических примесей и воды. Однако практика показывает, что в процессе хранения, транспортирования и особенно заправки в топливо попадают пыль, песок и вода. Постепенно накапливаясь в топливных баках, эти примеси, несмотря на наличие системы фильтрации, могут явиться причиной нарушения подачи топлива к приборам питания. Особенно опасно скопление воды, которая зимой может образовать ледяные пробки и остановить поступление топлива. Поэтому следует регулярно спускать из баков воду и скопившиеся в них загрязнения.

Характеристики бензина, влияющие на процесс смесеобразования

Процесс смесеобразования в двигателях с искровым зажиганием условно можно рассматривать состоящим из стадий дозирования и испарения топлива. В карбюраторных двигателях эти стадии взаимосвязаны, так как в дозирующей системе карбюратора протекают одновременно две стадии, причем испарение происходит здесь только, частично.

В системах впрыскивания дозирование топлива производится или специальным дозирующим комплексом, или форсунками с электрическим управлением, для которых командный импульс формируется электронным блоком или специальным микропроцессором. Системы непосредственного впрыскивания топлива в цилиндр сохранились только в поршневых авиационных двигателях, а в автомобильных двигателях распространены системы с подачей топлива в зону впускных клапанов или в зону дроссельных заслонок (центральное впрыскивание).

На дозирование топлива влияют в основном его физические свойства - **вязкость и плотность.**

Вязкость и плотность. Вязкость — один из важнейших показателей качества моторного топлива. От вязкости зависит надежность работы топливной аппаратуры, возможность использования топлива при низких температурах, противоизносные свойства, процесс испарения и сгорания топлива. Вязкость бензина зависит от его химического и фракционного состава. При увеличении содержания ароматических и нафтеновых углеводородов и утяжелении фракционного состава топлива его вязкость возрастает. Вязкость - это проявление внутримолекулярного трения. С увеличением молекулярной массы вязкость нефтепродуктов увеличивается, а с повышением температуры — уменьшается. Зависимость вязкости от температуры — важный показатель любых нефтепродуктов, в том числе и топлив, называемый вязкостно-температурной характеристикой.

Плотность топлив зависит от их химического состава, молекулярной массы и температуры. Ее влияние на работу систем питания заметно проявляется изменением уровня в поплавковой камере карбюратора и расхода топлива в системах дозирования (жиклерах, форсунках, дозаторах и т. д.). Плотность определяют обычно нефтенсиметрами — специальными ареометрами. Но существуют и другие методы, применяемые при лабораторных исследованиях нефтепродуктов, такие, как взвешивание на аналитических весах небольших специальных колб (пикнометров), имеющих строго определенный объем находящегося в них топлива, или погружение в топливо тел определенного объема и массы, подвешенных к специальным очень точным весам.

Плотность топлива (табл. 3.1) для товарных марок бензина не нормируется, но ее необходимо точно знать не только при расчете дозирующих систем приборов питания, но и при пересчете объемных единиц в массовые и массовых в объемные при определении расходов топлива во время испытаний двигателей.

Плотность бензинов и их компонентов

| Автомобильный бензин или компонент | Плотность (кг/м ³) |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Бензин АИ-92 (летнего вида) | 755 |
| Бензины: | |
| - каталитического риформинга | 758 |
| - каталитического крекинга | 785 |
| - термического крекинга | 734 |
| Метанол (метиловый спирт) | 791 |
| Этанол (этиловый спирт) | 789 |
| Аммиак | 680 |
| Скипидар | 865 |
| Бензол | 879 |
| Изооктан | 692 |

5. Химический и углеводородный состав

Химический состав бензинов характеризуют групповым углеводородным составом, т. е. содержанием в них ароматических, олефиновых, нафтеновых и парафиновых углеводородов.

Кроме углеводородов, в бензине в незначительном количестве содержатся гетероатомные углеводородные соединения, которые включают серу, кислород и азот. Они попадают в бензин из перерабатываемой нефти, а кислородные соединения образуются в процессе окисления углеводородов при хранении бензина.

Компоненты бензина не содержат металлоорганических соединений нефти, которые концентрируются, как правило, в высококипящих фракциях.

С целью улучшения физико-химических и эксплуатационных свойств автобензинов, в их состав в ограниченных количествах вовлекают кислородсодержащие компоненты (простые эфиры и спирты), а также специальные антидетонационные присадки, в том числе и металлсодержащие.

Для ограничения содержания антидетонационных присадок, в спецификациях на бензины предусмотрены максимально допустимые концентрации свинца, марганца, железа.

Ограничения на химический и углеводородный составы автомобильных бензинов:

1. Содержание серы.

Увеличение содержания сернистых соединений в бензине приводит к повышению нагарообразования и износа деталей двигателя, старению моторного масла, а также оказывает существенное влияние на загрязнение окружающей среды как непосредственно — выбросы оксидов серы, твердых

частиц, так и косвенно — снижение эффективности работы каталитического нейтрализатора отработавших газов.

2. Содержание ароматических углеводородов и в первую очередь бензола.

Повышение содержания ароматических углеводородов в бензине, как правило, ведет к соответствующему увеличению их в выбросах несгоревших углеводородов. Существенно менее отчетливо выражена эта связь с концентрацией канцерогенных **полиароматических углеводородов**: при увеличении ароматических углеводородов за счет использования толуола в бензине не отмечается увеличения выбросов бенз (альфа) пирена с отработавшими газами двигателя.

Одним из однозначно установленных последствий повышения содержания ароматических углеводородов в бензине является увеличение выбросов в окружающую среду бензола. Проведенными исследованиями установлено, что существует линейная зависимость между содержанием бензола в бензине и его концентрацией во всех видах выбросов несгоревших углеводородов: отработавших газах, испарениях из топливной системы; при заправке автомобиля топливом. Для автомобилей, не оборудованных каталитическим нейтрализатором, основным источником выбросов бензола в атмосферу являются отработавшие газы (около 70%), меньшую роль играет поступление с испарениями (20%), в еще меньшей степени влияют потери при заправке (10%).

Экспериментальные оценки показали, что общая эмиссия бензола увеличивается примерно на 2 мг/км на каждый процент увеличения объемного содержания бензола в бензине.

Содержание бензола в основных компонентах: стабильном катализате риформинга 2,0—7,0% об., бензине каталитического крекинга 1,0—3,5% об., бензине прямой перегонки 0,5—1,5% об.

3. Содержание олефиновых углеводородов.

Максимальное содержание олефиновых углеводородов в товарных автобензинах не должно превышать 18%, так как они являются основным источником образования смолистых веществ в бензине. Увеличение содержания олефиновых углеводородов также влияет на повышение эмиссии в окружающую среду озonoобразующих веществ и токсичных диеновых соединений с отработавшими газами.

4. Содержание оксигенатов.

Оксигенаты имеют высокую детонационную стойкость, что позволяет заменять ими ароматические углеводороды, к тому же они способствуют снижению токсичности отработавших газов автомобилей.

Однако при содержании в бензине оксигенатов более 2,7% по кислороду, наблюдается увеличение массового и удельного расхода топлива из-за низкой теплоты сгорания оксигенатов, а также потеря мощности двигателем автомобиля.

Химическая стабильность

Химическая стабильность бензина характеризует его способность **противостоять окислению и химическим изменениям при длительном хранении, транспортировании и применении в двигателе (в системе питания)**. Химическая стабильность бензинов прежде всего связана с наличием в их составе непредельных углеводородов, которые характеризуются повышенной склонностью к окислению. Наиболее склонны к окислению углеводороды, имеющие сопряженные двойные связи, особенно циклические. Мало устойчивы против окисления и ароматические углеводороды с двойной связью в боковой цепи.

Под влиянием температуры, кислорода, воздуха, каталитического воздействия металлов (свинца и др.) они быстро окисляются и полимеризуются с образованием смолистых веществ и кислот.

Образование смолистых веществ в результате окисления непредельных углеводородов под воздействием кислорода воздуха при обычных температурах проходит ряд промежуточных стадий. При низких температурах, характерных для хранения бензинов, гидропероксиды в основном взаимодействуют с исходными углеводородами с преимущественным образованием спиртов, которые, окисляясь, образуют альдегиды, кетоны и кислоты, которые, в свою очередь, претерпевают дальнейшие изменения. Наряду с этим гидропероксиды непредельных углеводородов способны полимеризоваться и инициировать реакции полимеризации непредельных углеводородов, приводя к образованию смолистых веществ.

В начальной стадии окисления содержание в бензине смолистых веществ незначительно, и они полностью растворимы в нем. По мере дальнейшего окисления количество смолистых веществ возрастает, строение их усложняется, и растворимость в бензине снижается. На некоторой стадии окисления бензина растворимость смолистых веществ падает настолько, что они выпадают из топлива и осаждаются на стенках и дне емкостей, трубопроводов или баке и топливной системе автомобиля.

Склонность автомобильных бензинов к смолообразованию зависит от температуры: резко возрастает с ее повышением; от поверхности соприкосновения бензинов с воздухом и металлами; от интенсивности обмена воздуха, а также от каталитического воздействия металлов. Сильное воздействие на химическую стабильность бензина оказывают медь и ее сплавы.

Металл может попасть в бензин непосредственно из нефти при ее переработке, при контакте с металлическими поверхностями при транспортировании и перекачках, от остатков химических реагентов, применяемых при вторичных процессах переработки. Большинство металлов, обладая каталитической способностью, уменьшают индукционный период, увеличивают образование смолистых отложений.

Для повышения химической стабильности автомобильных бензинов в их состав добавляют антиокислители и деактиваторы металлов.

Химическую стабильность характеризуют следующими показателями:

- **индукционный период;**
- **содержание фактических смол;**
- **сумма продуктов окисления;**
- **кислотность.**

Кислотность и содержание **фактических смол** характеризуют содержание в бензине конечных продуктов окисления на момент их определения. По ним можно судить о запасе качества бензина, т. е. о разнице между допустимым и фактическим содержанием продуктов окисления. Индукционный период и сумма продуктов окисления характеризуют скорость окисления бензинов в процессах хранения и применения.

Индукционный период — наиболее распространенный стандартный показатель стойкости бензина против окисления. Метод определения индукционного периода основан на определении времени, в течение которого бензин, находящийся в среде кислорода при повышенных давлении и температуре, практически не подвергается окислению.

Содержание фактических смол определяют методом, основанным на испарении бензина в струе воздуха. При этом в остатке остаются не только присутствующие в бензине, но и вновь образующиеся при испытании смолистые вещества. Образующийся осадок промывается н-гептаном и после промывки взвешивается.

Химическая стабильность по сумме продуктов окисления оценивается по содержанию высокомолекулярных (растворимых и нерастворимых) продуктов окисления бензина, окисленного в регламентированных условиях. Метод заключается в окислении испытуемого образца бензина кислородом воздуха при температуре 110 °С в течение 6 часов под давлением насыщенных паров испытуемого бензина и в последующем определении суммарного содержания образовавшихся смол и осадка.

Кислотность бензинов определяют методом, основанным на реакции нейтрализации органических кислот спиртовым раствором щелочи.

6. Коррозионная активность

Автомобильные бензины должны быть **химически нейтральными** и не вызывать коррозию металлов емкостей, а продукты их сгорания — коррозию деталей двигателя. Коррозионная активность бензинов и продуктов их сгорания зависит от содержания общей и меркаптановой серы, кислотности, содержания водорастворимых кислот и щелочей, присутствия воды.

Эти показатели нормируют в спецификациях на автобензины.

Присутствие активных сернистых соединений в бензине определяют **испытанием на медной пластинке**.

Все сернистые соединения, содержащиеся в бензине, по коррозионному воздействию на металлы при обычных температурах подразделяют на соединения «активной серы» и соединения «неактивной серы». В первую группу входят сероводород, свободная сера и меркаптаны, т. е. соединения, которые могут вступать в химическое взаимодействие с металлами при обычных температурах. Остальные сернистые соединения относят ко второй группе.

Проба на **медную пластинку** довольно чувствительна для определения содержания в бензинах сероводорода и свободной серы. Коррозионная активность топлив

Образование коррозии на поверхности деталей, соприкасающихся с топливом, а также коррозионное изнашивание трущихся деталей зависят от содержания в топливе водорастворимых кислот и щелочей, органических кислот, серы и ее соединений.

Водорастворимые кислоты и щелочи вследствие их большого коррозионного воздействия на металлы должны (по нормам действующих ГОСТов) в топливах отсутствовать. При их обнаружении топливо необходимо браковать и не допускать к применению. Присутствие в топливе водорастворимых кислот и щелочей определяют качественной пробой с получением результата «да» или «нет».

Для этого в делительную воронку наливают 50 мл предварительно перемешанного бензина и столько же дистиллированной воды. Содержимое воронки взбалтывают в течение 5 мин. После отстаивания водную вытяжку отбирают в две пробирки. В одну из пробирок прибавляют две капли раствора метилового оранжевого, в другую — три капли раствора фенолфталеина. Бензин может быть допущен к применению только при неизменяющейся окраске индикаторов в его водной вытяжке, свидетельствующих о полном отсутствии в нем водорастворимых кислот и щелочей.

Органические кислоты, как менее активные, в топливе допускаются в очень небольших количествах. Основными органическими кислотами,

содержащимися в топливе, являются **нафтенновые кислоты**, которые включают в себя карбоксильную группу COOH , присоединенную чаще всего к углеводороду группы цикланов. Нафтенновые кислоты обладают высокой избирательностью действия на различные металлы. На сталь, чугун и алюминий они действуют слабо или совсем не действуют, но на медь, цинк и особенно свинец действие этих кислот крайне агрессивно.

Количественно содержание **водонерастворимых кислот** в топливе оценивается кислотностью.

Кислотностью называют количество мг КОН, необходимое для нейтрализации 100 мл испытуемого нефтепродукта.

В отличие от кислотности в технических нормах на масла и смазочные материалы указывается предельно допустимое *кислотное число* (масел, смазочных материалов и т. д.), которое означает количество мг КОН, необходимое для нейтрализации 1 г испытуемого нефтепродукта.

Кислотность топлива определяют путем извлечения из него органических кислот кипящим этиловым спиртом и последующим титрованием спиртовым раствором КОН.

Водорастворимые кислоты и щелочи являются случайными примесями бензина. Чаще всего в бензинах может присутствовать щелочь после щелочной очистки из-за недостаточной отмывки ее водой. Щелочи корродируют алюминий, поэтому присутствие их в бензинах недопустимо.

Попадание в бензин водорастворимых кислот, в частности сульфокислот, образующихся при глубоком окислении некоторых сероорганических соединений, вызывает сильную коррозию металлов.

Меркаптаны могут присутствовать в значительном количестве даже в тех бензинах, которые дают отрицательную пробу на медную пластинку. Содержание меркаптановой серы в товарных бензинах не должно превышать 0,001%.

Введение в состав бензинов спиртов и эфиров повышает их гигроскопическую и коррозионную активность. При попадании влаги в бензины коррозия металлов приобретает электрохимический характер, и скорость ее резко возрастает.

Защитные свойства

Поэтому для надежной эксплуатации техники, резервуаров хранения и средств перекачивания бензинов важно, чтобы они не только сами не были агрессивными, но и обладали способностью уменьшать скорость электрохимической коррозии (**защитные свойства**) в системе топливо-металл-вода.

Для оценки защитных свойств бензинов используют два показателя: коррозионная активность в условиях конденсации воды и коррозионная активность в присутствии дистиллированной или морской воды.

В первом случае определяют потери массы стальной пластины за время испытаний в регламентированных условиях; во втором — визуальное определение доли поверхности стального стержня, пораженной коррозией.

Эффективным средством защиты от коррозии топливной аппаратуры и резервуаров для хранения является добавление в бензины специальных антикоррозионных присадок.

Автомобильные бензины **не должны оказывать отрицательного влияния** на материалы, с которыми они контактируют в процессе изготовления, транспортирования, хранения и применения.

При воздействии бензинов на резины, уплотнения и другие материалы они могут набухать, растрескиваться, терять свои прочностные характеристики и разрушаться.

Агрессивное воздействие топлива на резины и герметики в основном связано с вымыванием из них антиокислителя и дальнейшим разрушением, обусловленным образованием пероксидов при окислительных процессах, происходящих в самом топливе.

В связи с этим совместимость бензинов, содержащих оксигенаты, с резинотехническими материалами оценивают по результатам непосредственного их воздействия на резины.

Сущность контроля сводится к определению сохранения за время испытаний свойств образцов резинотехнических материалов и чистоты топлива.

Изменение физико-химических свойств резин под воздействием бензинов определяют по следующим показателям:

- изменение объема образца;
- изменение относительного удлинения при разрыве;
- изменение прочности образца при растяжении и твердости по Шору.

Контрольные вопросы

1. Опишите эксплуатационные требования к качеству современных бензинов.
2. Опишите испаряемость и фракционный состав бензина.
3. Опишите характеристики бензина, влияющие на их подачу к приборам питания.
4. Опишите химический, углеводородный состав и химическую стабильность бензинов.

Лекция № 4

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

1. Способы повышения детонационной стойкости бензинов
2. Процесс сгорания бензина
3. Процесс сгорания дизельного топлива

Требования к бензинам:

1. Бесперебойно поступать в карбюратор или форсунку (давление парообразования).
2. Образовывать нормальную горючую смесь: часть бензина и 15 частей воздуха.
3. Сгорать без детонации (взрыва).
4. Не вызывать коррозию деталей.
5. Сгорать без образования нагара.
6. Иметь минимальную токсичность (вредность отработавших газов).

Требования к дизельным топливам:

1. Обеспечивать продвижение топлива к форсункам при любых отрицательных температурах.
2. Иметь оптимальное цетановое число (45...55), которое обеспечивает наилучшее сгорание топлива. Иметь вязкость 2...6 сСт, которая обеспечивает хорошее распыливание топлива и нормальную смазку плунжерных пар насоса высокого давления.
3. Обеспечивать мягкую (без стуков) работу двигателя.
4. Не содержать механических примесей (тонкость фильтрации 1–3 мкм).

В табл. 4.1 приведены свойства топлив, влияющих на прокачиваемость, смесеобразование, сгорание и хранение.

Таблица 4.1

Основные свойства топлив

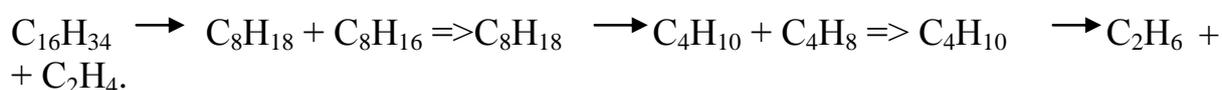
| Процессы | Физико - химические свойства топлив |
|------------------|---|
| Прокачиваемость | Вязкость, давление насыщенных паров, содержание воды, парафина и механических примесей |
| Смесеобразование | Испаряемость, фракционный состав |
| Сгорание | Углеводородный состав, октановое, цетановое числа, испаряемость, содержание серы и смол |
| Хранение | Температура застывания, кристаллизации, содержание воды, серы, смол и примесей |

1. Способы повышения детонационной стойкости бензинов

В процессе прямой перегонки нефти получается 15 ... 20 % бензина с низким октановым числом (ОЧ \approx 60). Для повышения ОЧ применяют: современные технологии переработки нефти (крекинг-процесс, риформинг), высокооктановые добавки и присадки. В процессе крекинга крупные молекулы расщепляются на мелкие, при этом повышается ОЧ. Крекинг происходит при давлении $P = 2 \dots 5$ МПа и температуре $t = 450 \dots 500$ °С. Выход высокооктанового бензина составляет примерно 50 %.

В процессе переработки нефти применяют риформинг (изменяется структура молекулы). Например, цепочное строение молекулы преобразуется в кольцевое. Процесс крекинга протекает по следующей схеме:

Из гексадекана ($C_{16}H_{34}$) образуется октан (C_8H_{18}), из него бутан (C_4H_{10}) и далее этилен (C_2H_4).



Вид топлива зависит от количества углерода в молекуле. Если углерода в молекуле до 4 – это газ, от 4 до 16 – жидкость, более 16 – масла, парафины, твёрдые вещества. Фракции бензинов выкипают при температуре от 40 до 200 °С и содержат углеводороды от C_5H_{12} до $C_{11}H_{24}$. Фракция лигроиновая выкипает при температуре от 150 до 250 °С и содержит углеводороды от C_8H_{18} до $C_{14}H_{30}$.

В прошлом столетии для повышения октанового числа бензинов применяли этиловую жидкость. Этиловая жидкость (Р-9) содержит тетраэтилсвинца $Pb(C_2H_5)_4$ 54 %, бромистого этила C_2H_5Br 40 %, хлористого нафталина 6 %. Добавка 1 см³ этиловой жидкости на 1 кг бензина повышает его октановое число, например, с 80 до 90. Наличие этиловой жидкости в бензине при его сгорании задерживает образование перекисей углеводородов, отдаляя их накопление до критической концентрации и начала взрывного сгорания или детонации. При высокой температуре и давлении молекулярный кислород внедряется в молекулу углеводорода по С-Н связи, образуя перекись с повышенной энергией и способностью самовоспламеняться и сгорать со взрывом. Этилированный бензин ядовит, по новому ГОСТ 51105-97 его использование запрещено, так как он загрязняет атмосферу, ухудшает здоровье человека, разрушает нейтрализаторы выхлопных газов.

Из сказанного выше следует, что октановое число бензинов можно увеличить следующими способами:

1. Внедрение современных технологий переработки нефтяных фракций (крекинг-процесс и риформинг). При крекинге крупные молекулы расщепляются на мелкие, при риформинге видоизменяется их строение

(молекула становится компактной – кольцевой, разветвленной). Стойкость к окислению и самовозгоранию объясняется тем, что молекула принимает форму «круговой обороны» (арены, цикланы).

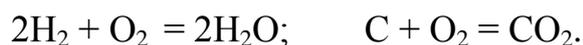
2. Применение высокооктановых добавок (изооктана, алкилбензола).

3. Применение антидетонационных присадок (этиловой жидкости на основе тетраэтилсвинца $Pb(CH_3)_4$, метилтретбутилового эфира $CH_3OC_4H_9$ и композиций на основе марганца $[C_5H_5Mg(CO)_3$ и железа].

2. Процесс сгорания бензина

Сгорание топлива это реакция быстрого окисления углеводородов кислородом. 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 так:



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 CO и H_2 . При окислении (горении) углеводородная молекула «опускается» на более низкие энергетические уровни и достигает нулевого уровня, когда полностью разваливается на углекислый газ CO_2 и воду H_2O .

Очаг горения – совокупность трех потоков: теплового (энергетического) и двух материальных – окислителя O_2 и топлива.

Окисление – реакция взаимодействия молекул углеводородного топлива с молекулами кислорода. Если температура воздуха достигает требуемого значения, то окисление переходит в процесс горения.

В жидком топливе имеют место легкие, средние и тяжелые молекулы. В процессе распыливания топлива легкие фракции уже являются газифицированными и в окружении кислорода воздуха под действием температуры электрической искры ($10000 \text{ }^\circ\text{C}$) воспламеняются, образуя начальную зону пламени (бензиновые двигатели). Далее действует принцип цепной реакции. Под влиянием температуры более тяжелые молекулы испаряются, прогреваются, расщепляются на более мелкие (газифицируются) и в упрощенном газообразном состоянии вступают в процесс горения.

У дизеля топливо должно самостоятельно воспламеняться при нагреве его в кислороде воздуха до температуры самовоспламенения $250 - 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Для надежного пуска и работы дизеля температура в конце такта сжатия должна быть не менее $500 \dots 600 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Теоретическое количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг бензина, определяют из выражения

$$L_0 = 1/0,23(8C/3 + 8H) = 1/0,23(8 \cdot 0,855/3 + 8 \cdot 0,145) \approx 15 \text{ кг.}$$

В воздухе 23 % O_2 ; 1 кг бензина содержит 0,855 кг С и 0,145 кг Н.

Коэффициент избытка воздуха – это отношение действительно поступившего количества воздуха в цилиндр к теоретически необходимому:

$$\alpha = L_{\text{д}}/L_0, \text{ идеал} - L_{\text{д}} = L_0 \Rightarrow \alpha = 1.$$

Если $\alpha > 1$, смесь бедная; $\alpha < 1$, – богатая.

Используя формулу Менделеева - Клапейрона $PV = mRT$, можно определить массу воздуха, поступившего в цилиндр, и требуемое количество топлива.

Процесс сгорания в координатах $P - \varphi$ изображен на рис. 4.1 (φ – угол поворота коленчатого вала). Примерно за $20 \dots 30$ градусов до ВМТ подаётся искра ($10\,000 \text{ }^{\circ}\text{C}$), горючая смесь воспламеняется, кривая сгорания отделяется от кривой сжатия. У двигателя с искровым зажиганием процесс сгорания можно условно разбить на три фазы: 1 – *начальный период горения* (сгорает 6 ... 8 % топлива

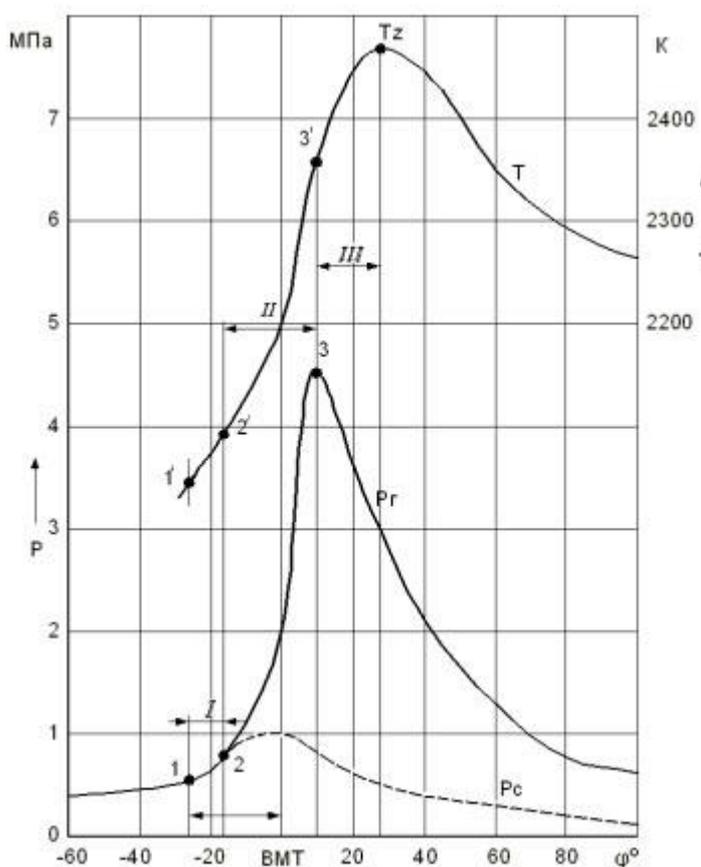


Рис. 4.1. Изменение давления газов в цилиндре P_g и температуры T в бензиновом двигателе: 1 – начало подачи искры; 2 – отрыв линии сгорания от линии сжатия (начало видимого сгорания); 3 – максимальное давление сгорания

от начала подачи искры до начала сгорания топлива и повышения давления); 2 – *основная фаза горения* (80 % топлива); 3 – *догорание*.

При нормальном процессе сгорания воспламенение свежих порций рабочей смеси и перемешивание фронта пламени по камере сгорания

происходит вследствие передачи тепла под действием теплопроводности и лучеиспускания.

По анализу изменения давления во второй фазе сгорания судят о жесткости процесса сгорания (скорости повышения давления). Двигатель должен работать мягко, без стуков с плавным повышением давления.

Для бензиновых ДВС жёсткость процесса сгорания ($C = \Delta P / \Delta \varphi$, МПа/градус) $C = 0,1 \dots 0,2$ МПа/градус. Жесткость сгорания – это приращение давления на один градус поворота коленчатого вала двигателя.

Нормальный процесс сгорания протекает со скоростью 20 ... 50 м/с. В процессе детонации скорость сгорания достигает 2 ... 3 тыс. м/с. На осциллограмме процесс сгорания (в зоне третьей фазы) наблюдается в виде затухающих острых пиков. Частота вибрации давления равна частоте слышимых стуков. Звонкие металлические стуки являются результатом отражения ударных волн от стенок камеры сгорания.

На детонационное сгорание топлива влияют:

1. Степень сжатия (повышение степени сжатия ускоряет детонацию).
2. Угол опережения зажигания.
3. Сорт топлива (октановое число меньше, детонация больше).
4. Частота вращения коленчатого вала.

Причиной детонации является образование перекисей. Кислород при высокой температуре внедряется в углеводородную молекулу топлива, повышая её способность к самовоспламенению. Детонационному (взрывному) сгоранию подвергается та часть горючей смеси, которая должна сгореть в последнюю очередь. Перекиси накапливаются в несгоревшей части рабочей смеси и при достижении критической концентрации распадаются со взрывом и выделением большого количества тепла, активизируя всю рабочую смесь.

В современных автомобилях в блоке цилиндров установлен датчик детонации. При появлении детонации сигнал с датчика передается на бортовой компьютер, который при помощи исполнительного механизма уменьшает угол опережения зажигания и снижает детонацию.

3. Процесс сгорания дизельного топлива

Если процесс сгорания топлива у бензинового двигателя условно разбивают на 3 фазы (см. рис.4.1), то у дизеля – на четыре (рис. 4.2): 1) *индукционный период* (период задержки воспламенения, от точки 1 до точки 2); 2) *период резкого нарастания давления* (фаза быстрого сгорания, от 2 до 3); 3) *период основного горения* (от 3 до 4); 4) *период догорания*.

Индукционный период начинается от момента впрыска топлива до начала горения. Период резкого нарастания давления наблюдается от начала горения до максимального значения давления в цилиндре. Период основного горения продолжается от максимального давления до максимальной температуры в цилиндре двигателя. Процесс сгорания в цилиндре начинается при постоянном объеме, завершается при постоянном давлении.

Периодом задержки воспламенения называется время от начала поступления топлива в камеру сгорания, до момента, когда в результате химических реакций количество теплоты будет достаточно для прогрева, испарения и воспламенения впрыснутого топлива.

Чем больше скорость химической реакции, тем меньше период задержки воспламенения (τ_i) или интервал времени от момента впрыска топлива в нагретый воздух до момента появления пламени. Период задержки воспламенения можно определить по формуле академика Н.Н. Семёнова

$$\tau_i = \frac{B}{P^m} \cdot e^{\frac{E}{RT}}$$

где B – постоянный множитель, зависящий от свойств топлива (цетанового числа) и состава горючей смеси;

P – давление в цилиндре на такте сжатия в момент начала подачи топлива, Н/м²;

m – порядок реакции (для бимолекулярной смеси при соударении двух реагирующих молекул $m = 2$);

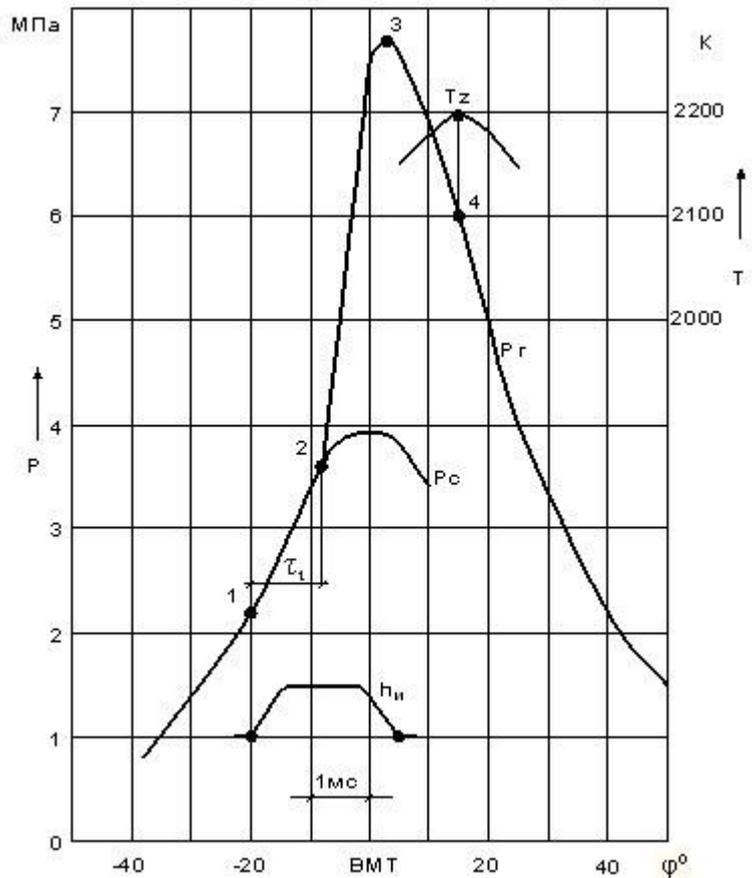


Рис. 4.2. Осциллограммы изменения хода иглы h_u и давления газов в цилиндре P_2 дизеля Д - 440 ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$; $N_e = 66 \text{ кВт}$): 1 – действительное начало подачи топлива; 2 – отрыв линии сгорания от линии сжатия (начало видимого сгорания); 3 – максимальное давление при сгорании топлива; 4 – максимальная температура в цилиндре двигателя

E – энергия активации $(8,4 \dots 16,8) \cdot 10^4$ Дж/моль, необходимая для преодоления разрыва существующих межмолекулярных связей и замещения их новыми;

R – универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·град);

T – температура воздуха в момент подачи распыленного топлива в камеру сгорания, К;

e – экспонента, равная 2,71.

Для дизелей с объёмным смесеобразованием и степенью сжатия 15 ... 17, работающих на топливе с цетановым числом, равным 45 ... 55, давлением распыленного топлива 50 ... 70 МПа значение τ_i может достигать 0,001 ... 0,002 с.

Для обеспечения высокой экономичности и минимальной токсичности отработавших газов процесс смесеобразования и сгорания организуют по следующей схеме. За период задержки воспламенения передний фронт распыленного топлива должен пройти путь от распыливающего отверстия форсунки до стенки камеры сгорания. За период основного горения (он заканчивается в момент достижения максимальной температуры газов в цилиндре) топливные факелы, например четыре, должны быть повернуты на угол между распыливающими отверстиями. Поворот факелов обеспечивается при помощи винтовых или тангенциальных каналов, по которым воздух поступает в цилиндры двигателя. Для снижения расхода топлива и токсичности (вредности) отработавших газов интенсифицируют процесс подачи топлива (повышают давление впрыскиваемого топлива до 100 и более МПа), активизируют смесеобразование и сгорание. Согласно требованиям стандарта ЕВРО-4 (2005 г.) удельные выбросы четырех основных компонентов отработавших газов дизелей в г/(кВт·ч) не должны превышать: углеводороды – 0,46; окиси азота – 3,5; окиси углерода – 1,5; сажа (твердые частицы) – 0,02. У двигателей, находящихся в эксплуатации, токсичность отработавших газов может превышать допустимые в 5 – 10 раз. Токсичность возрастает при износе цилиндропоршневой группы, неправильной регулировке топливной аппаратуры, недостаточном количестве воздуха, плохом качестве топлива. Современные автомобили для снижения токсичности имеют нейтрализаторы отработавших газов.

В табл. 4.2 приведены значения концентрации вредных веществ в отработавших газах дизельных двигателей, находящихся в эксплуатации и, допустимые нормы стандарта ЕВРО.

Требования стандарта ЕВРО к концентрации вредных веществ в ОГ

| Компонент | Концентрация вредных вещ. в ОГ, г/(кВт·ч) | ЕВРО- 3 2000 г. | ЕВРО- 4 2005 г. | ЕВРО - 5 2008 г. |
|-------------------|---|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| Оксид углерода | 1.5...12 | 2.10 | 1.5 | 1.5 |
| Углеводороды | 1.3...8.0 | 0.6 | 0.46 | 0.25 |
| Оксиды азота | 10...30 | 5.0 | 3.5 | 2.0 |
| Сажа | 0.25...2.0 | 0.10 | 0.02 | 0.02 |

Углеводороды вызывают головокружение, расстройства дыхания и сердечной деятельности. *Оксид углерода* поражает центральную нервную систему, вызывает потерю сознания и может привести к смертельному исходу. *Оксиды азота* провоцируют удушье, отек легких. *Сажа*, твердые частицы способствуют зарождению опухолей.

Для обеспечения экологической чистоты двигателей внутреннего сгорания целесообразно выполнять комплексные решения. С этой целью, например, необходимо повышать давление впрыска топлива в дизелях, использовать присадки, применять малотоксичные регулировки топливной аппаратуры (адресная регулировка форсунок совместно с насосом высокого давления), внедрять микропроцессорное управление процессом подачи топлива, смесеобразования и сгорания.

Уменьшение выбросов вредных веществ с отработавшими газами может быть достигнуто внедрением регулярного контроля токсичности, использованием малотоксичных и экономичных регулировок, установкой нейтрализаторов в выпускную систему двигателя. По принципу действия нейтрализаторы бывают с пламенным дожиганием вредных веществ, каталитическими, жидкостными и фильтрующими.

Контрольные вопросы

1. Опишите основные способы повышения детонационной стойкости бензинов
2. Расскажите о процессе сгорания бензина
3. Расскажите о процессе сгорания дизельного топлива
4. Какие предъявляются требования стандарта ЕВРО к концентрации вредных веществ в ОГ?
5. Что влияет на детонационное сгорание топлива?

Лекция № 5

МИНЕРАЛЬНЫЕ (НЕФТЯНЫЕ) И СИНТЕТИЧЕСКИЕ МАСЛА

План лекции:

1. Особенности синтетических и полусинтетических моторных масел.
2. Характеристика минеральных масел.

1. Особенности синтетических и полусинтетических моторных масел

Базовые масла синтетические. Это маслообразные синтетические жидкости – полимеры или олигомеры, полученные синтезом из разных мономеров. Основные классы синтетических масел – полиальфаолефиновые, полигликолевые, сложноэфирные, масла фосфатных сложных эфиров, силиконовые, фторорганические соединения и др.

Ни одно синтетическое масло не имеет всей совокупности свойств, характерной для минерального масла. Однако отдельные синтетические масла обладают некоторыми выдающимися эксплуатационными свойствами, превышающими свойства минеральных масел: особенно высокий индекс вязкости, пониженную температуру застывания, стойкость к высокой температуре и к деформации сдвига, биологическую разлагаемость (эстеры), пониженную летучесть и горючесть.

Поэтому каждое синтетическое масло необходимо применять в тех условиях, где наилучшим образом проявляются соответствующие его отличительные свойства. Недостаток синтетических масел состоит в их высокой стоимости. Они в 2–3 раза дороже минеральных. Производители синтетических масел присваивают своим продуктам не химические, а технические названия, по которым нельзя судить о свойствах масел.

Полусинтетические базовые масла. Полусинтетика – это не смесь синтетики и минералки. Так называют минеральные масла, в которые введено более 25 % синтетических компонентов, обычно полиальфаолефинового, или на основе органических сложных полиэфиров. Полученная субстанция существенно превосходит минералку по всем показателям, а стоит куда меньше чистой синтетики. В принципе все три типа масел совместимы – ни эмульсии, ни осадка при смешивании не образуется. Но некоторые свойства исходных компонентов изменяются непредсказуемо (например, перестанут работать некоторые присадки). Некоторые фирмы («Kuwait Petroleum») полусинтетическими называют масла глубокого каталитического гидрокрекинга, или масла минерального происхождения, но со значительно измененной молекулярной структурой. Масла высокого качества могут вырабатываться при смешении синтетических масел с минеральными или

полусинтетическими маслами. Например, универсальное моторное масло высшего качества получается смешением масла гидрокрекинга с синтетическим сложноэфирным маслом.

Основные продукты вакуумной перегонки мазута: **легкое вакуумное масло** (температура кипения 300 – 400 °С); **среднее** вакуумное масло (температура кипения 350 – 420 °С); **тяжелое** остаточное масло (температура кипения 420–490 °С).

Одним из путей повышения эксплуатационной надежности двигателей внутреннего сгорания автомобилей, и экономичного использования моторных масел является установление рациональных сроков их замены.

В настоящее время периодичность замены моторных масел определяется заводом-изготовителем и измеряется в километрах пробега автомобиля. Такой подход не учитывает фактического состояния масла на момент его замены. Старение масла происходит вследствие загрязнения пылью, продуктами износа, сгорания топлива и физико-химических изменений углеводородов.

Масло оказывает влияние на техническое состояние двигателя. В то же время изменения, происходящие в работе систем и механизмов двигателя, оказывают влияние на качество масла. В связи с этим отработавшее масло является **носителем комплексной информации**, которая позволяет оценить состояние масла, своевременно обнаружить неисправность в двигателе и произвести замену масла по его фактическому состоянию.

Основные классы синтетических масел

Полиальфаолефиновые масла отличаются универсальными смазочными свойствами, работают в широком интервале температур, имеют высокий индекс вязкости и стабильность свойств на протяжении всего срока службы, не вызывают коррозию металла, не образуют нагара и отложений, не оказывают влияние на прокладки и сальники, хорошо смешиваются с минеральными маслами. Полиальфаолефиновые масла применяются для производства автомобильных универсальных всесезонных моторных и трансмиссионных масел, гидравлических жидкостей, моторных масел для мощных дизельных двигателей тепловозов и судов. Это самые дешевые синтетические масла и по объему составляют около 1/3 всех синтетических масел.

Полигликолевые масла также составляют около 1/3 всех синтетических масел. Применяются как тормозные, гидравлические и охлаждающие жидкости, но они не пригодны в качестве моторных масел.

Сложноэфирные масла имеют наивысший индекс вязкости (до 180), низкую температуру застывания (ниже -50 °С), плохую воспламеняемость и низкую летучесть. В автомобильной промышленности применяются как

добавки к маслам для улучшения низкотемпературных и вязкостно-температурных свойств.

Масла фосфатных сложных эфиров. Основные достоинства: не горючие вещества и хорошие противоизносные свойства. В местах интенсивного трения при высокой температуре образуют разделяющую фосфатную пленку, снижающую трение, износ и задир поверхности. Эти масла смешиваются с минеральными и синтетическими маслами и применяются как их компоненты. Применяются также как негорючие гидравлические жидкости и масла для компрессоров.

Использование синтетических продуктов при производстве моторных масел дает явные преимущества перед нефтяными маслами. Сведения табл.5.1 позволяют оценить их достоинства и недостатки.

Таблица 5.1

Основные показатели нефтяных и синтетических масел

| Показатели | Нефтяное масло | Синтетические масла | | | |
|--|----------------|---------------------|-------------------------|------------------|----------------|
| | | Диэфирные | Полиалкиленгликоленовые | Полисилоксановые | Фторуглеродные |
| Вязкость при 100 ⁰ С, мм ² /с | 2,5 | 3,2 | 3,2 | 3,5 | — |
| Индекс вязкости | 70 | 140-150 | 135-180 | 270 | 500 |
| Температура застывания, ⁰ С | -40...-73 | -43...-63 | -53...-63 | -63...-100 | -3...-23 |
| Температура вспышки, ⁰ С | 149 | 232 | 193 | 315 | — |
| Температурный предел работоспособности, ⁰ С | 220 | 220 | 260-300 | 250 | 400-500 |
| Потери на испарение при 100 ⁰ С за 22 ч, % | 8 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0 |

Силиконовые масла. Химически инертны и термически стойкие вещества, которые разрушаются при температуре выше 300 °С. Имеют низкую температуру застывания (ниже -50 °С) и наивысший индекс вязкости (около 300). Однако обладают плохой смазывающей способностью и не смешиваются с минеральными маслами. Очень дорогие.

Фторорганические соединения. Основное преимущество этих масел – химическая инертность, не горючесть, высокая стойкость к окислению и к повышенной температуре. Недостатки: низкий индекс вязкости, высокая

температура застывания. Фторорганические масла применяются в холодильной технике и при контакте с агрессивной средой. Масла очень дорогие, в сотни раз дороже минеральных масел.

Особенности синтетических и полусинтетических моторных масел

Синтетические и полусинтетические моторные масла, обладающие по ряду эксплуатационных свойств лучшими, чем нефтяные (минеральные) масла, показателями, находят в настоящее время все большее применение.

К достоинствам синтетических и полусинтетических моторных масел относятся:

- значительно более высокий индекс вязкости, чем у минеральных масел аналогичных и даже лучших марок и сортов;
- лучшая вязкостно-температурная характеристика некоторых синтетических масел в зоне отрицательных температур, а также более низкая температура потери подвижности обеспечивают более легкий пуск двигателей при более низких температурах окружающего воздуха;
- меньшая склонность к образованию низкотемпературных отложений способствует нормальной эксплуатации двигателей в районах Крайнего Севера;
- высокие показатели вязкости при рабочих температурах 250-300 °С (в 3-5 раз выше равновязких им минеральных масел при температуре 100 °С) обеспечивают гарантированные условия гидродинамической смазки до более высоких температур и термическую стабильность;
- низкая испаряемость и малая склонность к образованию высокотемпературных отложений позволяют использовать эти масла в высокофорсированных теплонагруженных двигателях и при эксплуатации автомобилей в условиях жаркого климата;
- синтетические масла обеспечивают хорошее состояние двигателя, так как характеризуются лучшими противоокислительными, диспергирующими свойствами и механической стабильностью, равными или лучшими (в зависимости от синтетической основы) противоизносными и противозадирными характеристиками;
- большой срок службы синтетического масла до замены и меньший расход на угар сокращает его эксплуатационный расход на 30-40 %;
- применение синтетических моторных масел на 4-5 % снижает расход топлива благодаря созданию оптимальных условий трения.

Синтетические масла объединяют в себе свойства самых маловязких зимних и вязких летних классов (SAE 5W-50 и SAE OW-40) и имеют обозначение Fully Synthetic, что переводится как «полностью синтетическое». Стоимость синтетических моторных масел в среднем в 2-3 раза выше минеральных. Тем не менее, применение их целесообразно не только с

эксплуатационной точки зрения, но и с экономической, так как они обладают большим сроком службы в двигателях до замены и меньшим расходом на угар.

Полусинтетические моторные масла - это минеральные масла, улучшенные благодаря специальной технологии очистки и содержащие синтетические добавки или 30-40 % синтетической основы. Обозначаются они как Semi-Synthetic. Такие масла обладают лучшими эксплуатационными свойствами и, конечно, дороже минеральных, однако дешевле полностью синтетических.

Переход на хорошо очищенные минеральные, полусинтетические и синтетические масла облегчает пуск двигателя при низких (до -40 °С) температурах и экономит 2-5 % топлива за счет снижения потерь на трение в гидродинамическом режиме смазки.

При всесезонной эксплуатации автомобиля в условиях Москвы и Московской области ориентировочно могут быть рекомендованы к применению зимой масла вязкостью (по SAE) 0W-40, 5W-30 и 10W-40, а летом - 5W-50 и 15W-40. Однако эти общие рекомендации не учитывают всех особенностей состояния и условий эксплуатации конкретного автомобильного двигателя.

Внимание! Смешивание масел одинаковых классов вязкости и качества, но разных производителей не допускается. При переходе с одного сорта масла на другой (например, с минерального на полусинтетическое или синтетическое), а также при смене масла в двигателях с большим пробегом рекомендуется промывать систему смазки специальным промывочным маслом или специальной жидкостью, добавляя ее в старое масло.

2. Характеристика минеральных масел

Базовые масла минеральные. Производство большого количества разновидностей масел технически и экономически нецелесообразно. Во избежание этого, нефтеперерабатывающая промышленность выпускает ограниченное количество базовых масел, которые смешиваются между собой и с присадками на маслосмесительных заводах для получения *товарных масел* с необходимыми эксплуатационными свойствами. Производство товарных масел состоит из двух стадий - производства базовых масел и *смешения компонентов (компаундирования)*.

Базовые минеральные масла производятся нефтеперерабатывающими заводами, чаще всего принадлежащими крупным нефтекомпаниям, так как для управления производством и его совершенствования требуется крупный финансовый капитал и научный потенциал. Базовые масла различаются между собой вязкостью, химическим составом и некоторыми другими свойствами. Базовое масло - это основа товарного масла, готовая к смешению, но еще без присадок. Сырьем для смазочных масел могут быть минеральные и

синтетические базовые масла. Химический состав минеральных масел зависит от нефти, из которой произведено масло. Химический состав синтетических масел зависит от исходного сырья (мономеров) и метода синтеза.

Каждая крупная нефтекомпания старается создать процессы производства, очистки и модификации базовых масел и подбор компонентов товарных масел, которые были бы не только оригинальными, но и наиболее эффективными в экономическом плане и обеспечивали бы наилучшее качество. Поэтому каждое новшество, которое улучшает качество продукта, обязательно указывается в описании масла, как ценное преимущество данного продукта. Для правильного понимания любых предписаний производителей, нужны определенные знания по технологии производства, модификациям масел и специфической терминологии.

Общая схема производства базовых минеральных масел:

- атмосферная перегонка, при которой отделяются легкокипящие фракции (светлые продукты) и *атмосферный остаток* или мазут, который служит сырьем для вакуумной перегонки при производстве масел;
- вакуумная перегонка атмосферного остатка (мазута) осуществляется при более низкой температуре в вакууме, что позволяет перегонять вязкие продукты; получаемые фракции масел - *вакуумные дистилляты* с разной вязкостью и *вакуумный остаток*, из которых получают высоковязкие базовые масла;
- очистка фракций вакуумной перегонки методом экстракции, при помощи которой растворителями отделяются нежелательные соединения;
- депарафинизация фракций, при которой отделяются парафины;
- другие технологические процессы улучшения качества базовых масел: гидрирование, каталитический гидрокрекинг, очистка отбеливающей глиной или кристаллическим алюмосиликатом (например, цеолитом) и др.

Основные фракции вакуумной перегонки атмосферного остатка (мазута):

- легкое вакуумное масло (*температура кипения 300 - 400°C*),
- тяжелое вакуумное масло (*температура кипения 350 - 420°C*),
- *остаточное масло* (температура кипения 420 - 490 °C).

Остаток после отделения дистиллятов называют гудроном или вакуумным остатком (температура кипения $>500^{\circ}\text{C}$). Он составляет около 20 - 30% от исходного сырья. Иногда остаточное масло не выделяется в отдельную фракцию, а производится из вакуумного остатка. Такое масло после процесса очистки называется *осветленным остаточным маслом*

Остаточные масла обладают хорошими эксплуатационными смазывающими свойствами. Их липкость, стойкость к окислению лучше, чем у дистиллятных масел. Из легких дистиллятов получают легкие индустриальные и трансформаторные масла, из средних и тяжёлых

дистиллятов - индустриальные и моторные, из компаундированных и остаточных - трансмиссионные, тяжёлые индустриальные, цилиндровые и др. масла.

Состав нефти и базового масла. Химический состав базового масла зависит от химического состава нефти. Существующие разновидности нефтей:

- *парафиновые* (содержание парафинов >75%),
- *нафтеновые* (содержание нафтенных соединений >75%),
- *ароматические* (содержание ароматических соединений >50%),
- *смешанные* - если нет доминирующих соединений.

Некоторые компоненты нефти, которые обычно считаются вредными, в некоторых областях назначения могут быть весьма ценными. Например, смолы, жирные и нафтенные кислоты повышают липкость и стойкость адсорбционной пленки масла и тем самым улучшают смазывающую способность масла. Некоторые соединения серы и азота обладают антиокислительными свойствами. Таким образом, при глубокой очистке масла, некоторые его смазывающие, антиокислительные и антикоррозионные свойства могут ухудшиться.

Совершенствование базовых масел проводится по двум основным направлениям. При первом, масло очищается только до такой степени, чтобы в нем осталось оптимальное содержание смол, кислот, соединений серы, азота и, дополнительно, вводятся присадки для улучшения некоторых функциональных свойств. Такой метод не позволяет получать масла достаточно высокого уровня качества, требуемого для современных двигателей. При втором, базовое масло полностью очищается от всех примесей и проводится молекулярная модификация методом гидрообработки (гидрокрекинга, гидроочистки и др.). В результате получается масло, обладающее ценными свойствами для тяжелых режимов работы (высокая стойкость к деформациям сдвига при высоких скоростях, нагрузках и температурах, с высоким индексом вязкости и стабильностью физико-химических параметров).

При очистке масел - удаляются следующие основные примеси:

- соединения серы и органические кислоты, вызывающие коррозию металлов;
- непредельные углеводороды понижающие антиокислительную стойкость масла;
- смолистые и асфальтеновые соединения, которые образуют лаковые отложения и нагар на горячих поверхностях деталей, ухудшают низкотемпературные свойства, подавляют эффективность антиокислительных и антикоррозионных присадок;
- растворенные в масле твердые углеводороды, которые повышают

температуру застывания масла и ухудшают его низкотемпературную фильтруемость и прокачиваемость;

- *полициклические соединения*, ухудшающие низкотемпературные свойства масла и способствующие образованию лаковых отложений и нагара.

Методы очистки.

- *селективная очистка* или *экстракция растворителями* - метод удаления нежелательных соединений, основанный на образовании двухфазной системы, в которой примеси с растворителем и чистое масло разделяются на два слоя. После отделения слоя экстракта получается чистое масло. Экстракция растворителями обычно проводится сразу после вакуумной дистилляции. Дистилляты после экстракции имеют более высокий индекс вязкости и лучшую стойкость к окислению.

- *депарафинизация растворителем* - метод удаления парафинов, которые повышают температуру застывания масел. Масло смешивается со смесью двух растворителей, например - метилэтилкетона и толуола. Полученный раствор масла охлаждается до - 6... - 12°C. При такой температуре кристаллы парафина выпадают в осадок и отделяются фильтрованием, а растворитель отгоняется от масла. В результате получается *депарафинизированное масло* с улучшенными свойствами: с более низкой температурой застывания и повышенным индексом вязкости.

- *Очистка адсорбентами.* В качестве адсорбентов применяются отбеливающая глина или кристаллические алюмосиликаты - цеолиты, имеющие однородную пористость. Подбором цеолитов с порами определенного размера, можно проводить селективную адсорбцию некоторых соединений: смолистых и асфальтовых веществ, алкенов, полициклических аренов.

- *Гидрообработка и каталитический гидрокрекинг* - реакция с водородом при повышенной температуре и давлении, в присутствии различных катализаторов.

Контрольные вопросы

1. Опишите основные классы синтетических масел.
2. Что такое синтетика?
3. Назовите основные продукты вакуумной перегонки мазута.
4. Основные классы синтетических масел.
5. Опишите основные показатели нефтяных и синтетических масел.
6. Перечислите особенности синтетических и полусинтетических моторных масел.

Лекция № 6

МОТОРНЫЕ МАСЛА

План лекции:

1. Изменение свойств масел и оценка их качества при эксплуатации.
2. Классификация моторных масел.

1. Изменение свойств масел и оценка их качества при эксплуатации

При эксплуатации автомобиля под воздействием различных факторов (рис. 1) масло теряет свои первоначальные свойства, или, как принято говорить, стареет. **Загрязняющие примеси** (их доля достигает 0,08 - 0,23 %), попадающие в двигатель вместе со свежим маслом, образуются при его изготовлении и накапливаются в масле в процессе его транспортирования, хранения и непосредственно при заправке системы смазки.



Рис. 6.1 Вещества, загрязняющие моторное масло

Загрязнения моторного масла по характеру происхождения бывают **органическими и неорганическими**. Частицы **органических** загрязнений (размером немногим более 2 мкм) попадают в масло из камеры сгорания двигателя (продукты неполного сгорания топлива), а также образуются при термическом разложении, окислении и полимеризации масла.

К **неорганическим** загрязнениям относятся: частицы пыли, попавшие в двигатель через систему питания (с воздухом); продукты износа деталей (размером 0,5-1 мкм); оставшиеся в двигателе после его изготовления технологические загрязнения (стружка, абразив); продукты срабатывания зольных присадок в маслах; вода, соединения серы и свинца, проникающие в масло из камеры сгорания двигателя. Кроме того, при **старении масла** окисляются его углеводороды, срабатываются присадки и др.

При старении масел изменяются практически все их физико-химические и эксплуатационные свойства: вязкость, температура вспышки, коксуемость, содержание воды, щелочное и кислотное числа, содержание нерастворимого осадка и продуктов изнашивания.

Вязкость масла в процессе работы двигателя может, как увеличиваться, так и уменьшаться. Увеличивается она в результате испарения легких фракций масла, накопления в нем продуктов неполного сгорания топлива в виде сажи, окисления углеводородов масла, уменьшается — при попадании в масло топлива, а также в результате разрушения полимерной присадки в загущенных маслах. Интенсивность повышения вязкости масла зависит от температуры в зонах окисления, качества топлива (содержания в нем серы), совершенства процесса сгорания, эффективности фильтрации масла и попадания в него охлаждающей жидкости. Значительное увеличение вязкости масла нежелательно, так как при этом уменьшается его поступление к парам трения и снижается эффективность фильтрации, а также ухудшаются пусковые свойства двигателя.

Коксуемость масла повышается по мере его работы в результате накопления в нем продуктов окисления и неполного сгорания топлива.

Содержание воды в масле ухудшает его эксплуатационные свойства: повышает коррозионность, снижает смазывающие свойства. При этом возрастают водородный износ деталей, коррозия вкладышей подшипников скольжения и других деталей из цветных металлов и сплавов при высоких температурах. Вода может попадать в масло вместе с прорывающимися газами из камер сгорания; из системы охлаждения двигателя через негерметичные уплотнения; в результате конденсации влаги при резком понижении температуры, в частности при охлаждении двигателя, после работы; вследствие заливки в двигатель масла, по каким-либо причинам уже содержащего воду. Для нейтрализации вредного воздействия воды следует содержать системы охлаждения и вентиляции картера двигателя в исправном состоянии, сокращать время прогрева двигателя до рабочей температуры, соблюдать оптимальный тепловой режим двигателя.

Щелочное число масла снижается при уменьшении концентрации моющих присадок. При этом в масле накапливаются кислые продукты, что

повышает коррозионный износ деталей. Основной функцией щелочных присадок масла является нейтрализация кислот и защита от коррозии.

Кислотное число увеличивается при ускоренной степени окисления масла и разложении присадок. Содержание нерастворимого осадка в количественном выражении определяет интенсивность поступления в масло продуктов неполного сгорания топлива, частиц износа, пыли, срабатывания присадок.

Старение масел при работе двигателей представляет собой сложный процесс. В процессе старения масла наблюдаются изменения концентрации, строения и эффективности присадок. Это происходит в результате разложения, взаимодействия с продуктами сгорания топлива и окисления масла, фильтрующими элементами и деталями автомобиля. Повышенная температура и кислород воздуха, с которым контактирует масло, вызывают окисления и окислительную полимеризацию его молекул. Такие продукты окисления углеводородов, как смолы, органические кислоты, присутствующие в масле в растворенном состоянии, способствуют увеличению вязкости и кислотного числа, а асфальтеновые соединения, вызывающие образование лаковых отложений, — залеганию и пригоранию поршневых колец.

Отложения, образующиеся в двигателе в результате превращения углеводородов, делятся на **нагары, лаки и осадки**.

Нагары — твердые углеродистые вещества, откладывающиеся на стенках камеры сгорания, клапанах, свечах, днище поршня и на верхнем пояске боковой поверхности поршня. Химический состав нагара зависит как от качества масла и топлива, так и от режима работы двигателя, запыленности воздуха, наличия присадок и др. Основную часть нагара составляют карбены и карбоиды (50-70 %), смолы и масла (15-40 %), асфальтены и окислительные кислоты (3-6 %), зола (1-10 %). Количество образующегося нагара зависит от качества масла и его расхода, а также от качества применяемого топлива. Толщина слоя нагара зависит от теплового режима работы двигателя: чем ниже температура стенок камеры сгорания, тем больший слой нагара на них образуется. Летом нагара образуется меньше, чем зимой. Обильный нагар ухудшает охлаждение камеры сгорания и уменьшает ее объем, в результате чего увеличивается степень сжатия, возникает детонация (характерный металлический стук), снижается мощность двигателя. Нагар с деталей двигателя удаляют механическим или химическим способами, используя различные добавки в моторное топливо.

Лаковые отложения представляют собой богатые углеродом вещества, формирующиеся в виде отложений на поршне: в канавках под поршневые кольца, на юбке и внутренних стенках. В состав лаковых

отложений входят оксикислоты, асфальтены и другие продукты глубокого окисления масла.

Осадки — это мазеобразные сгустки, откладывающиеся на стенках поддона картера, крышке головки блока цилиндров, шейках коленчатого вала и других деталях двигателя, а также в фильтрах и маслопроводах. Осадки состоят из масла (50-85 %), воды (5-35 %) и продуктов их окисления: оксикислот (2-15 %), карбенов и карбоидов (2-10 %), ас-фальтенов (0,1-15 %), а также механических примесей различного происхождения. Отложение осадков в масляных каналах и маслопроводах приводит к прекращению подачи масла к трущимся поверхностям и вызывает повреждение деталей (например, задиры шатунных шеек коленчатого вала).

На процесс загрязнения масла, происходящий в работающем двигателе практически непрерывно, оказывают влияние, прежде всего вид и свойства топлива, качество моторного масла, тип, конструкция, техническое состояние (степень изношенности), режим работы и условия эксплуатации двигателя и др. факторы. Кроме того, **на изменение свойств масел** существенно влияют температурный режим и техническое состояние двигателя. Скорость окисления и загрязнения масла значительно выше в изношенных двигателях, когда увеличен прорыв газов в картер и повышена температура деталей, а также при работе автомобиля с перегрузкой или с неустановившимися нагрузками.

Таким образом, в работавшем масле накапливаются продукты превращения углеводородов, загрязнения, попавшие с воздухом и топливом, увеличивается количество агрессивных соединений.

Оценка изменений состава масла может быть как количественной, так и качественной. Количественные изменения происходят при испарении легких масляных фракций, сгорании масла (угар масла), частичном вытекании через уплотнения. Качественные изменения связаны со старением масла и с химическими превращениями его компонентов, попаданием в масло пыли, продуктов износа деталей, воды и несгоревшего топлива. Уменьшение количества и ухудшение качества работающего масла может привести к выходу современного высокофорсированного двигателя из строя.

При контроле качества масел используются предельные значения браковочных показателей состояния масла для автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Выбор браковочных показателей зависит от типа двигателя, режима его работы, качества применяемого масла и других факторов. Замена масла в двигателе необходима, если достигнуты предельные значения одного или нескольких браковочных показателей. Замену масла по фактическому состоянию производят на основе оценки экспресс-методами в лабораториях по контролю качества масел.

2. Классификация моторных масел

С 1 января 1985 г. введен в действие стандарт – ГОСТ 17479.1-85 "Масла моторные. Классификация" для всех видов двигателей внутреннего сгорания (за исключением авиационных). В соответствии со стандартом масла разделены на классы и группы в зависимости от их **вязкости и эксплуатационных качеств**.

Классификация моторных масел по вязкости. Вязкость масла является одним из основных показателей ее физических свойств. От вязкости масла зависит техническое состояние двигателя, ее затраты и экономия топлива. По вязкостным свойствам подбираются масла для определенного двигателя в зависимости от его конструкции, технического состояния, условий эксплуатации, сезона и других факторов. Выбор масла конкретной вязкости должен обеспечить надежную смазываемость, легкий пуск двигателя, максимальный отвод тепла и т.д. Вязкость не является постоянной величиной, она изменяется при изменении температуры. Качественными маслами являются те, которые имеют меньшую вязкость при минусовых температурах и обеспечивают хорошую текучесть, минимальный пусковой износ двигателя, а при высоких рабочих температурах имеют высокую вязкость и хорошие смазываемые свойства.

Для характеристики вязкостно-температурных свойств моторных масел существует ряд показателей:

- Значение вязкости при +100, +50, +40, 0, -18 °С;
- Соотношение вязкостей при различных температурах;
- Вязкостно-температурные коэффициенты;
- Индексы вязкости (ИВ).

Международным показателем вязкостно-температурных свойств масла является **индекс вязкости** - безразмерная, условная единица, которая характеризует степень изменения вязкости со сменой температуры. Чем меньше зависимость от температуры, тем больше индекс вязкости. Качественными моторными маслами (по вязкостно-температурным свойствам) являются масла с индексом вязкости большим 100. Все сезонные масла должны иметь индекс вязкости больше 125, сезонные могут иметь индекс вязкости и меньше 100. Ранее была введена система обозначения моторных масел по которой, в обозначениях были: буква М (моторные); цифра или дробь, которые характеризуют класс или классы кинематической вязкости; букву, которая обозначала принадлежность к группам или эксплуатационным свойствам.

По вязкости масла делят на 21 вязкостный класс, из которых:

- 4 зимнего класса, 7 летних, а остальные, 10 - всесезонные (табл. 6.1).

Классы кинематической вязкости моторных масел

| Класс вязкости | Кинематическая вязкость, мм ³ /с, при температуре | | Класс вязкости | Кинематическая вязкость, мм ³ /с, при температуре | |
|-----------------------|--|-------------------|----------------------------|--|-------------------|
| | 100 °С | -18 °С, не более* | | 100 °С | -18 °С, не более* |
| Зимние классы: | | | Всесезонные классы: | | |
| 3 ₁ | ≤3,8 | 1250 | 3 ₂ /8 | 7,0—9,5 | 1250 |
| 4 ₁ | ≤4,1 | 2600 | 4 ₂ /6 | 5,6—7,0 | 2600 |
| 5 ₁ | ≤5,6 | 6000 | 4 ₂ /8 | 7,0—9,5 | 2600 |
| 6 ₁ | ≤5,6 | 10400 | 4 ₁ /10 | 9,5—11,5 | 2600 |
| Летние классы: | | | 5 ₂ /10 | 9,5—11,5 | 6000 |
| 6 | 5,6—7,0 | — | 5 ₂ /12 | 11,5—13,0 | 6000 |
| 8 | 7,0—9,5 | — | 5 ₁ /14 | 13,0—15,0 | 6000 |
| 10 | 9,5—11,5 | — | 6 ₁ /10 | 9,5—11,5 | 10400 |
| 12 | 11,5—13,0 | — | 6 ₁ /14 | 13,0—15,0 | 10400 |
| 14 | 13,0—15,0 | — | 6 ₁ /16 | 15,0—18,0 | 10400 |
| 16 | 15,0—18,0 | — | | | |
| 20 | 18,0—23,0 | — | | | |

* Определяют по номограмме.

По уровню эксплуатационных свойств моторные масла делят на шесть групп, три из которых подразделяются еще на две подгруппы (табл. 6.2).

Масла группы **А** выпускаются без присадок или с незначительным их содержанием. В масла группы **Б** вводят до 6 % присадок и используют их в малофорсированных бензиновых двигателях.

Масла группы **В** содержат до 8 %, а группы **Г** – до 14 % композиций присадок и предназначены соответственно для среднефорсированных и высокофорсированных дизелей и бензиновых двигателей.

Для высоконапряженных дизелей с наддувом, работающих в тяжелых условиях, выпускаются масла группы **Д**, в составе которых содержится до 15–18 % композиций присадок. Масла группы **Е** предназначены для малооборотных дизелей, работающих на топливе с содержанием серы до 3,5 %. Масла для карбюраторных (бензиновых) двигателей имеют в своем обозначении индекс **1**, масла для дизелей – индекс **2**, масла, предназначенные для использования, как в дизельных, так и в бензиновых двигателях одного уровня форсирования обозначаются одной буквой без индекса. Универсальные масла, принадлежащие к разным группам, должны иметь двойное буквенное обозначение, в котором первое характеризует качество масла для применения в дизельном двигателе, второе - в бензиновом двигателе.

Примеры обозначения моторных масел.

М-8-В₁: М – моторное масло, 8 – класс вязкости, В₁ – масло для среднефорсированных карбюраторных двигателей.

М-6₃/10-В: М – моторное масло, 6₃/10 – класс вязкости, В – универсальное масло для среднефорсированных бензиновых и дизельных двигателей.

М-4₃/8-В₂Г₁: М – моторное масло, 4₃/8 – класс вязкости, В₂Г₁ – предназначено для использования как в среднефорсированных дизелях (В₂), так и в высокофорсированных дизелях бензиновых двигателях (Г₁).

Таблица 6.2

Классификация моторных масел по эксплуатационным свойствам

| Группа масел по эксплуатационным свойствам | | Рекомендуемая область применения |
|--|----------------|--|
| А | | Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели |
| Б | Б ₁ | Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников |
| | Б ₂ | Малофорсированные дизели |
| В | В ₁ | Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию всех видов отложений |
| | В ₂ | Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным свойствам масел и имеющие склонности к образованию высокотемпературных отложений |
| Г | Г ₁ | Высокофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, которые способствуют окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению |
| | Г ₂ | Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений |
| | | Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых условиях, или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений |
| Е | | Лубрикаторные (устройства для подачи смазки под давлением) системы смазки цилиндров двигателей, работающие на топливе с высоким содержанием серы |

Масла для дизельных двигателей. Дизельные двигатели характеризуются большим разнообразием конструкций, способов смесеобразования, назначений и условий эксплуатации. В связи с этим ассортимент моторных масел для дизелей более обширный, чем для бензиновых двигателей, и включает марки, существенно отличающиеся по предъявляемым свойствам. Основными признаками, предопределяющими выбор марки масла, являются: тип и назначение дизеля, уровень его форсирования, жесткость условий эксплуатации и качество применяемого топлива. Допущенные к применению марки масел, регламент обслуживания смазочной системы, включая сроки смены масел, приводятся в инструкциях по эксплуатации двигателей (автомобилей). Дизельные масла производят на основе дистиллятных, остаточных или компаундированных базовых масел селективной очистки, получаемых и малосернистых или сернистых нефтей. Для достижения требуемых эксплуатационных свойств в масла вводят многофункциональные присадки или композиции присадок. Основные марки дизельных масел по области их применения показаны в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Марки дизельных масел по области применения

| <i>Область применения</i> | <i>Марки масел</i> |
|----------------------------------|---|
| Автотракторные дизели | М-8В ₂ , М-10В ₂ , М-8Г ₂ , М-10Г ₂ , М-8Г ₂ К, М-10Г ₂ К, М-8Д, М-10ДМ, М-16Г ₂ К |
| Тепловозные дизели | М-12Б ₂ , М-14В ₂ , М-14Г ₂ и др. |
| Стационарные дизели | М-14В ₂ , М-20В ₂ (3) |
| Судовые дизели | М-20Б ₂ , М-14Г ₂ (ЦС), М-14Д (ЦЛ20), М-16Е (30)и др. |
| Быстроходные транспортные дизели | М-6 ₃ /10Б ₂ , М-16А, М-16В ₂ |

Контрольные вопросы

1. Назовите вещества, загрязняющие моторные масла.
2. Какие бывают загрязнения моторного масла по характеру происхождения?
3. Изменяются ли все физико-химические и эксплуатационные свойства масел при старении?
4. Охарактеризуйте понятия щелочное и кислотное число масел.
5. Опишите классификацию моторных масел по эксплуатационным свойствам.
6. Какие бывают отложения, образующиеся в двигателе в результате превращения углеводородов?
7. В зависимости от чего масла разделены на классы и группы?

Лекция № 7

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТОВАРНЫХ МАСЕЛ

1. Общие сведения.
2. Нормирование расхода товарных масел.
3. Контроль качества и оценка старения товарных масел.
4. Сбор отработанных нефтепродуктов.
5. Регенерация отработанных масел.

Моторное масло, его качество, регулярность замены, соответствие сорта данному двигателю и конкретным условиям его эксплуатации играют большую роль в обеспечении надежной и долговечной работы двигателя. Масло способствует созданию стабильной поверхности трения, снижению износа и уменьшению механических потерь.

Моторные масла разделяют на два основных вида - минеральные и синтетические. Вязкость минеральных масел, получаемых из нефти, сильно зависит от температуры, поэтому они требуют присадок, которые быстро разрушаются из-за высоких механических и тепловых нагрузок, сокращая срок службы масла. Синтетические масла были созданы для авиационных и гоночных моторов. Их получают путем химического синтеза, чем достигается высокая однородность и стабильность свойств. Такие масла остаются более жидкими на морозе и более густыми в жару, чем минеральные. Это свойство позволяет снизить износ деталей и потери на трение, что экономит топливо. Кроме того, синтетическое масло меньше сгорает в двигателе и служит дольше, образуя мало отложений. Единственный недостаток - цена.

Выбор моторных масел сейчас едва ли не самый широкий среди товаров для автомобилей. Сегодня рядовому автомобилисту доступны такие марки масел, о которых он знал только из редких телевизионных сюжетов о всемирно известных автогонках. Причем цены на отдельные масла уже почти сравнялись с ценами отечественных масел, что вызывает, впрочем еще больше сомнений. Попробую развеять некоторые распространенные заблуждения.

Первое - годятся ли фирменные масла для отечественных моторов, большинство которых было разработано конструкторами в 70-е, а то и в 60-е годы? Без сомнения - ДА. Назову лишь те, которые не годятся однозначно. Это:

*масла не предназначенные для автомобильных моторов(трансмиссионные, веретённые и другие, пусть даже похожие по цвету, запаху и вязкости)

*масла несоответствующие качественной характеристике (российские с буквами А, Б и В в маркировке, импортные классом ниже SF)

*масла несоответствующие сезону вязкости

Все импортные масла, имеющие необходимую маркировку, для наших двигателей подходят и могут быть смело использованы в них.

Есть, впрочем, ещё одно заблуждение: *импортные масла на синтетической основе якобы агрессивны к «нашим» сальникам и прокладкам из резины.* Это именно заблуждение. Синтетические масла лишь обладают несколько большей текучестью, а потому легче просачиваются через неплотности в соединениях. Так что течь сальника свидетельствует не об «агрессивности» масла, а о том, что рабочая кромка манжеты уже основательно изношена и вскоре сквозь неё потекло бы любое масло.

Вечны ли синтетические масла? Срок их службы лишь немного больше, чем у минеральных масел. Кстати, быстрое потемнение масла свидетельствует о его хороших моющих свойствах.

Обязательно ли использовать промывочное масло или специальную моющую добавку при замене масла? Нет - если только вы не переходите с минерального сорта на «синтетику». В остальных случаях высокие моющие свойства масла практически исключают образование каких-либо отложений.

Покупать масло следует в количестве ~5 литров (для двигателей объёмом до 2000 см). Наиболее часто масло разлито в канистры ёмкостью 1, 4, 5л, а также 1 галлон(3.75 л).

1. Общие сведения

Планирование ТСМ осуществляется исходя из производственных программ, прогрессивных, технически обоснованных норм расхода нефтепродуктов.

На автомобильном транспорте действуют два вида норм: **линейные** (индивидуальные) и **групповые** (удельные).

Линейные нормы расхода топлива устанавливаются для каждой марки автомобиля в литрах на 100 км пробега.

Удельные (групповые) нормы расхода топлива определяют затраты топлива на каждую отдельно взятую группу автомобилей (для данного автотранспортного управления или АТП), в граммах на единицу транспортной работы, на 100 т. км, - на 100 пасс. км, на платный километр в г/100 т. км, г/100 пасс. - км, г / платный км.

Нормой расхода масел называется планируемый на выполнение транспортного процесса расход масел, отнесенный к расходу топлива. Нормы расхода масел по степени их укрупнения также подразделяются на индивидуальные и групповые.

Индивидуальной нормой называется установленная величина расхода масла на 100 л планируемого расхода топлива автомобилем данного типа и

данной возрастной группы в процессе его эксплуатации. Индивидуальная норма расхода жидких масел устанавливается в литрах, а пластичных смазок - в килограммах.

Групповая норма расхода масла - это средняя норма для Министерства, Республиканского объединения, территориального производственного объединения автомобильного транспорта (ТОАТ), учитывающая состав и структуру парка подвижного состава и устанавливаемая на 100 л планируемого расхода топлива для автомобильного парка данного уровня управления. Здесь и далее под словом "масла" понимаются любые моторные, трансмиссионные, специальные масла, пластичные (консистентные) смазки, применяемые на автомобильном транспорте.

Групповые нормы расхода масел рассчитывают отдельно для автомобилей, работающих на бензине и сжиженном газе, автомобилей, работающих на дизельном топливе.

Групповые нормы расхода масел пересматриваются на всех уровнях управления **ежегодно** и утверждаются вышестоящими организациями.

После доведения вышестоящей организацией утвержденных групповых норм расхода или выделения фондов на моторные масла на всех уровнях управления производится уточнение заявок на нефтепродукты, разрабатывается план оргтехмероприятий по экономии ТСМ.

Контроль за выполнением утвержденных групповых норм расхода масел нижестоящими организациями осуществляют отделы ТЭР вышестоящих организаций.

2. Нормы расхода товарных масел

Групповые нормы расхода масел. Групповые нормы расхода масел рассчитываются на основе индивидуальных норм расхода масла, с учетом состава, структуры парка подвижного состава и времени нахождения автомобилей в эксплуатации отдельно на каждый вид масла (моторные, трансмиссионные, специальные и т.п.) или смазки:

$$H_M = \frac{K_1 N_{M1} \cdot A_{C1} + K_2 N_{M2} \cdot A_{C2} + K_3 N_{M3} \cdot A_{C3}}{A_{C1} + A_{C2} + A_{C3}}, \text{ л/100 л,}$$

где H_M - групповая норма расхода масла для автопарка, л/100 л расхода топлива,

K_1, K_2, K_3 - коэффициенты, учитывающие время нахождения в эксплуатации,

$$K_1 = 0,5; K_2 = 1; K_3 = 1,2.$$

N_{M1}, N_{M2}, N_{M3} - индивидуальная для данной возрастной группы автомобилей норма расхода масла (смазки) по табл. 7.1. Принять для всех возрастных групп одинаковую норму.

A_{C1}, A_{C2}, A_{C3} - количество автомобилей данной возрастной группы (до 3 лет, от 3 до 8 лет, свыше 8 лет).

Таблица 7.1

Величина временных норм расхода масел

| Виды и сорта масел (смазок) | Временная норма расхода масел в л (смазок в кг) на 100 л общего расхода топлива для: | | |
|-----------------------------|--|---|--|
| | легковых, грузовых автомобилей и автобусов, работающих на бензине и сжиженном газе | грузовых автомобилей и автобусов, работающих на дизельном топливе | внедорожных автомобилей-самосвалов, работающих на диз. топливе |
| Моторные | 2,4 | 3,2 | 5,0 |
| Трансмиссионные | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| Специальные | 0,1 | 0,1 | 1,0 |
| Пластические смазки | 0,2 | 0,3 | 0,3 |

Примечание. 1. Для автомобилей ВАЗ всех марок норма расхода моторных масел устанавливается в размере 0,8 л независимо от возраста.

2. Для автомобилей, оборудованных гидромеханическими коробками передач (ЛиАЗ-677 и др.), норма расхода специальных масел увеличивается до 0,3 л на 100 л общего расхода топлива.

Нормы расхода смазочных масел для двигателей установлены в процентах от расхода топлива, выраженного в килограммах: для автомобилей, работающих на бензине и газе, не прошедших капитального ремонта, в размере 2,4, для автомобилей с дизельными двигателями в размере 3,2.

Расход трансмиссионных масел установлен в процентах от расхода топлива в размере соответственно 0,3 и 0,4.

Расход консистентных смазок установлен в размере соответственно 0,2 и 0,3 % расхода топлива.

Нормы расхода масел (смазок) снижаются для автомобилей и автобусов, находящихся в эксплуатации менее 3 лет, на 50 % и могут быть увеличены до 20 % для автомобилей, находящихся в эксплуатации более 8 лет.

3. Контроль качества и оценка старения товарных масел

Моюще-диспергирующие свойства характеризуют способность моторного масла обеспечивать необходимую чистоту деталей двигателя, поддерживать продукты окисления и загрязнения во взвешенном состоянии. Чем выше моюще-диспергирующие свойства масла, тем больше нерастворимых веществ – продуктов старения может удерживаться в работающем масле без выпадения в осадок, тем меньше лакообразных отложений и нагаров образуется на горячих деталях, тем выше может быть допустимая температура деталей (степень форсирования). Моющие свойства моторных масел в лабораторных условиях определяют на модельной установке ПЗВ, представляющей собой малоразмерный одноцилиндровый двигатель с электроприводом и нагревателями. Критериями оценки моющих свойств служит чистота поршня, масляных фильтров, роторов центрифуг, подвижность поршневых колец.

Антиокислительные свойства в значительной степени определяют стойкость масла к старению. Условия работы моторных масел в двигателях настолько жестки, что предотвратить их окисление полностью не представляет возможным. Окисление масла наиболее интенсивно происходит в тонких пленках масла на поверхности деталей, нагреваемых до высокой температуры и соприкасающихся с горячими газами (поршень, цилиндр, поршневые кольца, направляющие и стебли клапанов). Во внутренних полостях двигателя, заполненных масляным туманом, окисление наиболее интенсивно. В стандартах и технических условиях на моторные масла их стойкость к окислению косвенно характеризуется индукционным периодом осадкообразования (окисление по методу ГОСТ 11063-77 при 200 °С). При моторных испытаниях антиокислительные свойства масел оценивают по увеличению их вязкости за время работы в двигателе установки ИКМ (ГОСТ 20457-75).

Противоизносные свойства моторного масла зависят от химического состава и полярности базового масла, состава композиции присадок и вязкостно-температурной характеристики масла с присадками, которая в основном предопределяет температурные пределы его применимости. Особенно важны эффективная вязкость масла при температуре 130-180 °С и градиенте скорости сдвига 105-107 с⁻¹, зависимость вязкости от давления, свойства граничных слоев и способность химически модифицировать поверхностные слои сопряженных трущихся деталей. Улучшение противоизносных свойств масел при граничной смазке достигается введением специальных противоизносных присадок, содержащих серу, фосфор, галогены, бор, а также введением беззольных

дисперсантов, содержащих противоизносные фрагменты. Трибологические характеристики определяются на четырехшариковой машине трения (ЧШМ) по ГОСТ 9490-75 и нормированы стандартами и техническими условиями на многие моторные масла для контроля процесса производства. При испытаниях противоизносные свойства масел оценивают по потере массы поршневых колец, задиру или питтингу кулачков и толкателей, линейному износу этих деталей и цилиндров, состоянию поверхностей трения.

Антикоррозионные свойства моторных масел зависят от состава базовых компонентов, концентрации и эффективности антикоррозионных, антиокислительных присадок и деактиваторов металлов. В процессе старения коррозионность масла возрастает. В лабораторных условиях антикоррозионные свойства моторных масел оценивают по методу ГОСТ 20502-75 по потере массы свинцовых пластин за 10 или 25 ч испытания при температуре 140 °С. При моторных испытаниях антикоррозионные свойства масел оценивают по потере массы вкладышей шатунных подшипников полноразмерных двигателей или одноцилиндровых установок ИКМ, а также по состоянию их поверхности трения (цвет, натир, следы коррозии).

Вязкостно-температурные свойства – одна из важнейших характеристик моторного масла. От этих свойств зависит диапазон температуры окружающей среды, в котором данное масло обеспечивает пуск двигателя без предварительного прогрева, беспрепятственное прокачивание масла насосом по смазочной системе, надежное смазывание и охлаждение деталей двигателя при наибольших допустимых нагрузках и температуре окружающей среды. Диапазон изменения температуры масла от холодного пуска зимой до максимального прогрева в подшипниках коленчатого вала или в зоне поршневых колец составляет до 180-190 °С.

Вязкость минеральных масел в интервале температур от –30 до +150 °С изменяется в тысячу раз. Сезонные масла независимо от их наработки необходимо менять дважды в год. Вязкостно-температурные свойства загущенных масел таковы, что при отрицательных температурах они подобны зимним, а в области высоких температур – летним. Вязкостные присадки относительно мало повышают вязкость базового масла при низкой температуре, но значительно увеличивают её при высокой температуре, что обусловлено увеличением объема макрополимерных молекул с повышением температуры и рядом иных эффектов.

Характеристиками вязкостно-температурных свойств служат кинематическая вязкость, определяемая в капиллярных вискозиметрах, и динамическая вязкость, измеряемая при различных градиентах скорости сдвига в ротационных вискозиметрах, а также индекс вязкости (ИВ) – безразмерный показатель пологости вязкостно-температурной зависимости,

рассчитываемый по значениям кинематической вязкости масла, измеренной при 40 и 100 °С (ГОСТ 25371-82).

Индекс вязкости минеральных масел без вязкостных присадок составляет 85-100. Синтетические базовые компоненты имеют индекс вязкости 120-150, что дает возможность получать на их основе всесезонные масла с очень широким температурным диапазоном работоспособности.

Выбор браковочных параметров для оценки качества работавшего масла и определения срока его службы — одна из основных задач при решении вопроса повышения экономичности и увеличения моторесурса двигателей. В зависимости от типа двигателя, режима его работы, качества применяемого масла и других факторов комплекс браковочных параметров может быть весьма различным.

В качестве основных показателей, характеризующих свойства масла, следует назвать: вязкость, щелочность, содержание нерастворимых продуктов загрязнения и воды и др.

Щелочность. Необходимость введения щелочности в число браковочных параметров была вызвана появлением в эксплуатации смазочных масел с присадками. Применение противокоррозионных присадок позволяет резко снизить коррозию подшипников, а также деталей цилиндропоршневой группы, особенно при работе двигателей на топливе с повышенным содержанием серы.

Для нейтрализации продуктов неполного сгорания топлива (особенно с высоким содержанием серы) и предотвращения их коррозионного воздействия на детали двигателя современные моторные масла обладают определенным щелочным запасом (как правило, 2—10 мг КОН/г). В зависимости от условий эксплуатации, применяемого топлива и качества моторного масла его щелочной запас в процессе работы расходуется с различной интенсивностью (рис. 6.21). Скорость расходования и исходное значение щелочности определяют величину коррозионного износа деталей, особенно в верхней части цилиндров дизельных двигателей. При работе дизельных двигателей на сернистом топливе маслу необходим большой запас щелочных свойств (не менее 5,5 мг КОН/г). В маслах, полностью отработавших свой срок в двигателе, показатель щелочности снижается до 1 — 0,5.

Температура вспышки это наименьшая температура, при которой пары нагретого масла образуют с воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении пламени. Температура вспышки автомобильных масел находится в пределах 165—220 °С. По ней можно судить об огнеопасности масла и наличии в масле легкоиспаряющихся углеводородов, а также разбавлении масла топливом. Чем ниже эта температура, тем лучше испаряемость масла и тем большим будет его расход. При снижении температуры вспышки с 200 до 140 °С расход

масла возрастает почти на 50%. Лучшие масла одного и того же назначения имеют более высокую температуру вспышки и поэтому меньший угар.

Зольность у масел оценивается по-разному: до введения присадки и после введения присадки. Для масел без присадок ограничивается максимальное содержание золы, а для масел с присадками — минимальное. Для масел без присадок показатель зольности характеризует природу исходной нефти, степень очистки, а также загрязненность масла в процессе производства или использования.

Масло с более высокой зольностью повышает износ деталей двигателя и нагарообразование. Добавление к маслу присадки увеличивает зольность за счет повышения содержания в нем растворимых солей, которые не являются абразивными и поэтому не увеличивают износа деталей. По зольности такого масла можно косвенно судить о содержании в нем зольной присадки. Для высокощелочных масел нормируется сульфатная зольность.

Содержание механических примесей в маслах без присадки не допускается, а в маслах с присадками строго ограничивается. При этом механические примеси, образовавшиеся за счет присадок, не оказывают абразивного действия на трущиеся детали и не увеличивают их износа.

Содержание воды в маслах не допускается. Вода в масле 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. Особенно недопустимо присутствие воды в масле в зимнее время, так как вода, отстаясь внизу, при замерзании может вызвать поломку масляного насоса и привода прерывателя-распределителя.

Эксплуатационная оценка смазочных масел, как и моторных топлив, начинается с проверки соответствия паспортных данных требованиям ГОСТов и кончается установлением либо условий применения, либо пригодности для тех или иных конкретных агрегатов или узлов. При этом обязательно определяется по критическим значениям вязкости самая низкая температура воздуха, при которой разрешается пуск двигателя без его разогрева (для моторного масла).

Если эксплуатационные испытания являются наиболее достоверным средством целесообразности оценки межсменного срока службы масел в двигателе, то по браковочным показателям работавших масел, можно дать предварительную оценку. Причем замена масла в двигателе необходима, если достигнуты предельные значения одного или нескольких браковочных показателей.

4. Сбор отработанных нефтепродуктов

Масла, употребляемые для смазывания трущихся поверхностей, тратятся в механизмах не полностью: значительное их количество (30...40 % и более) стекает и может быть собрано в специально предназначенную для этого посуду или же поглощено обтирочным материалом.

Эти отработанные масла по физическим и химическим свойствам отличаются от свежего масла больше или меньше — в зависимости от условий их работы (времени, температуры и рода смазываемой поверхности). Отработанные масла, стекающие с проточной системы смазки, работающей в не запыленном закрытом помещении, бывают мало загрязнены и химически изменены, а отработанные автотракторные масла претерпевают глубокие изменения. Отработанные масла загрязняются пылью, волокнами обтирочного материала и частицами отколовшегося от трущихся поверхностей металла. В них проникают мельчайшие частицы кокса и капельки воды. Под действием кислорода воздуха и влаги и при повышении температуры углеводороды, составляющие основу смазочного масла, могут подвергаться различным химическим превращениям (окислению, осмолению, усталости), изменяющим первоначальные качества смазочного материала. В силу этого отработанные масла постепенно теряют свои качества и, наконец, становятся не пригодными для дальнейшего употребления по своему прямому назначению.

Отработанные нефтепродукты являются, как правило, отходами потребления и включают в себя **отработанные моторные и индустриальные масла**, а также **смесь отработанных нефтепродуктов**, образующихся при зачистке резервуаров, трубопроводов, автомобильных и железнодорожных цистерн, танков судов, очистных сооружений, и извлекаемых из нефтесодержащих вод и нефтяных промывочных жидкостей.

Отработанное нефтяное масло — это масло, проработавшее установленный срок службы или утратившее в процессе эксплуатации свои качества и слитое из рабочей системы.

Отработанные **нефтяные промывочные жидкости** — это бензины, керосины, дизельные топлива, утратившие в процессе работы свои эксплуатационные свойства.

Для сбора **отработанных масел** и при их замене в автомобилях применяется различное оборудование. Слив масел из картеров двигателя, коробок передач, задних мостов на АТП, не имеющих стационарного поста для слива, производят в противни, изготовленные из половинок выбракованных воздушных баллонов системы тормозов. Однако транспортировать масло в таких противнях неудобно. Для этой цели целесообразно применять передвижные баки. В этом случае из двигателя автомобиля, установленного на смотровой

канаве или поднятого подъемником, масло сливается в воронку, через которую по шарнирным трубопроводам оно поступает в бак. Шарнирное соединение трубопроводов позволяет подводить воронку под сливную пробку картера агрегата без точной установки самого бака. Для слива трансмиссионного масла из картеров ведущих мостов применяется устройство, представляющее собой комбинацию торцевого гаечного ключа (под пробку сливного отверстия) с воротком и маслоприемником. Применение такого устройства позволяет полностью предотвратить разлив масла, повышает производительность и культуру производства. Изготавливается оно из выбракованных автомобильных деталей и материалов.

В 1994 г. было утверждено «Временное положение об организации сбора и рационального использования отработанных нефтепродуктов». Большой упор в нем делается на добросовестность и гражданственность.

В соответствии с этим документом предприятия, на которых собираются отработанные нефтепродукты, могут использовать их на собственные нужды:

- для регенерации (очистки) на собственных установках;
- на технологические операции, подтверждаемые нормативно-технической документацией;
- в качестве компонента котельно-печного топлива на основании документации, согласованной соответствующими организациями.

Рациональными являются следующие направления использования отработанных нефтепродуктов, принятые предприятиями нефтепродуктообеспечения:

- промышленная переработка с целью получения базовых масел;
- регенерация на маслорегстанциях;
- использование на нефтеперерабатывающих заводах в качестве сырья;
- использование на технологические нужды;
- производство продукции (эмульсола, консервационного состава и др.);
- использование в качестве компонента котельно-печного топлива;
- поставка на экспорт.

Одним из широко распространенных направлений использования отработанных нефтяных масел является вовлечение их в **производство топлив**. По объему такая переработка масел значительно выгоднее вторичной переработки с целью получения базовых масел. В СНГ в качестве котельного топлива используют почти половину сбора отработанных масел, т. е. около 1 млн. т в год. Примерно столько же от собираемых отработанных масел идет на производство топлив в США. Значительно возрос объем производства котельных топлив с использованием отработанных масел в Великобритании. Основное количество углеводородных отходов сжигают как низкокачественное топливо.

Возможна также их очистка с применением процессов отстаивания, фильтрации и центрифугирования.

Существует промышленное получение из **отработанных масел высококачественных топлив**. В США технология производства котельных топлив из отработанных масел заключается, как правило, в отгонке из них воды и легких топливных фракций в простых отпарных колоннах. Полученный конечный продукт при невысокой зольности представляет собой высококачественное топливо. Легкие топливные фракции, получаемые в процессе вторичной переработки, могут содержать примеси, экологически опасные и вызывающие коррозию оборудования. Поэтому иногда их предаю читают уничтожать, а не использовать в качестве технологического топлива. Например, нефтехимическая компания (США) на своем заводе в Хьюстоне перерабатывает отработанные смазочные масла с получением бензина и котельно-печного топлива. Это первое крупное предприятие в США такого типа (мощность его по сырью до 113 тыс. м³ в год).

5. Регенерация отработанных масел

В последние годы большое внимание стали уделять рациональному использованию отработанных нефтепродуктов, вовлечение которых в качестве вторичного сырья позволяет не только расширить топливно-энергетические ресурсы, но и предотвратить загрязнение окружающей среды. Поэтому одним из наиболее реальных источников пополнения масляных ресурсов является **регенерация** (восстановление качества) отработанных масел и повторное их использование.

В последние годы регенерация отработанных масел на специальных установках и заводах получила интенсивное развитие. Для рационального использования отработанных нефтепродуктов их целесообразно собирать отдельно по группам. **В соответствии с ГОСТ 21046-81 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия»** все отработанные нефтепродукты подразделяются на три группы:

- масла моторные отработанные (ММО);
- масла индустриальные отработанные (МИО);
- смесь нефтепродуктов отработанных (СНО).

Содержание ценных углеводородов в отработанных нефтяных маслах, даже моторных, высока, и при регенерации выход базовых масел составляет 70-85% (масс.) на обезвоженное масло, содержащее около 5% низкокипящих фракций (бензинокеросиновых и легких газойлевых). Выход базового масла зависит как от глубины очистки, так и от технологии регенерации. По

групповому углеводородному составу и физико-химическим свойствам регенерированные масла близки к соответствующим светим.

Технологии регенерации отработанного масла. В процессе эксплуатации масел в них накапливаются продукты окисления, загрязнения и другие примеси, которые резко снижают качество масел. Масла, содержащие загрязняющие примеси, неспособны удовлетворять предъявляемым к ним требованиям и должны быть заменены свежими маслами. Отработанные масла собирают и подвергают регенерации с целью сохранения ценного сырья, что является экономически выгодным. За год на территории бывшего Советского Союза собирается около 1,7 млн. тонн масел, перерабатывается до 0,25 млн. тонн, т.е. 15%. Переработать отработанные моторные масла совместно с нефтью на НПЗ нельзя, т.к. присадки, содержащиеся в маслах, нарушают работу нефтеперерабатывающего оборудования.

В зависимости от процесса регенерации получают 2-3 фракции базовых масел, из которых компаундированием и введением присадок могут быть приготовлены товарные масла (моторные, трансмиссионные, гидравлические, СОЖ, пластичные смазки). Средний выход регенерированного масла из отработанного, содержащего около 2-4 % твердых загрязняющих примесей и воду, до 10 % топлива, составляет 70-85 % в зависимости от применяемого способа регенерации. Для восстановления отработанных масел применяются разнообразные технологические операции, основанные на физических, физико-химических и химических процессах и заключаются в обработке масла с целью удаления из него продуктов старения и загрязнения. В качестве технологических процессов обычно соблюдается следующая последовательность методов: **механический**, для удаления из масла свободной воды и твердых загрязнений; **теплофизический** (выпаривание, вакуумная перегонка); **физико-химический** (коагуляция, адсорбция). Если их недостаточно, используются химические способы регенерации масел, связанные с применением более сложного оборудования и большими затратами.

Физические методы позволяют удалять из масел твердые частицы загрязнений, микрокапли воды и частично - смолистые и коксообразные вещества, а с помощью выпаривания - легкокипящие примеси. Масла обрабатываются в силовом поле с использованием гравитационных, центробежных и реже электрических, магнитных и вибрационных сил, а также фильтрование, водная промывка, выпаривание и вакуумная дистилляция. К физическим методам очистки отработанных масел относятся также различные массо- и теплообменные процессы, которые применяются для удаления из масла продуктов окисления углеводородов, воды и легкокипящих фракций.

Фильтрация - процесс удаления частиц механических примесей и смолистых соединений путем пропускания масла через сетчатые или пористые

перегородки фильтров. В качестве фильтрационных материалов используют металлические и пластмассовые сетки, войлок, ткани, бумагу, композиционные материалы и керамику. Во многих организациях эксплуатирующих СДМ реализован следующий метод повышения качества очистки моторных масел — увеличивается количество фильтров грубой очистки и вводится в технологический процесс вторая ступень — тонкая очистка масла.

Центробежная очистка осуществляется с помощью центрифуг и является наиболее эффективным и высокопроизводительным методом удаления механических примесей и воды. Этот метод основан на разделении различных фракций неоднородных смесей под действием центробежной силы. Применение центрифуг обеспечивает очистку масел от механических примесей до 0,005% по массе, что соответствует 13 классу чистоты по ГОСТ 17216-71 и обезвоживание до 0,6% по массе.

Физико - химические методы нашли широкое применение, к ним относятся коагуляция, адсорбция и селективное растворение содержащихся в масле загрязнений, разновидностью адсорбционной очистки является ионно-обменная очистка.

Коагуляция, т. е. укрупнение частиц загрязнений, находящихся в масле в коллоидном или мелкодисперсном состоянии, осуществляется с помощью специальных веществ - коагулятов, к которым относятся электролиты неорганического и органического происхождения, поверхностно активные вещества (ПАВ), не обладающие электролитическими свойствами, коллоидные растворы ПАВ и гидрофильные высокомолекулярные соединения. Процесс коагуляции зависит от количества вводимого коагулянта, продолжительности его контакта с маслом, температуры, эффективности перемешивания и т.д. Продолжительность коагуляции загрязнений в отработанном масле составляет, как правило, 20-30 мин., после чего можно проводить очистку масла от укрупнившихся загрязнений с помощью отстаивания, центробежной очистки или фильтрования.

Адсорбционная очистка отработанных масел заключается в использовании способности веществ, служащих адсорбентами, удерживать загрязняющие масло продукты на наружной поверхности гранул и на внутренней поверхности пронизывающих гранулы капилляров. В качестве адсорбентов применяют вещества природного происхождения (отбеливающие глины, бокситы, природные цеолиты) и полученные искусственным путем (силикагель, окись алюминия, алюмосиликатные соединения, синтетические цеолиты). Адсорбционная очистка может осуществляться контактным методом - масло перемешивается с измельченным адсорбентом, перколяционным методом (Перколяция – процеживание, фильтрация, способ выщелачивания металлов из неподвижного слоя измельченной руды, золотосодержащей,

осуществляется просачиванием в чанах-перколяторах) - очищаемое масло пропускается через адсорбент, методом противотока - масло и адсорбент движутся навстречу друг другу. К недостаткам контактной очистки следует отнести необходимость утилизации большого количества адсорбента, загрязняющего окружающую среду. При перколяционной очистке в качестве адсорбента чаще всего применяется силикагель, что делает этот метод дорогостоящим. Наиболее перспективным методом является адсорбентная очистка масла в движущемся слое адсорбента, при котором процесс протекает непрерывно, без остановки для периодической замены, регенерации или отфильтрования адсорбента, однако применение этого метода связано с использованием довольно сложного оборудования, что сдерживает его широкое распространение.

Ионно-обменная очистка основана на способности ионитов (ионно-обменных смол) задерживать загрязнения, диссоциирующие в растворенном состоянии на ионы. Иониты представляют собой твердые гигроскопические гели, получаемые путем полимеризации и поликонденсации органических веществ и не растворяющиеся в воде и углеводородах. Процесс очистки можно осуществить контактным методом при перемешивании отработанного масла с зернами ионита размером 0,3-2,0 мм или перколяционным методом при пропускании масла через заполненную ионитом колонну. В результате ионообмена подвижные ионы в пространственной решетке ионита заменяются ионами загрязнений. Восстановление свойств ионитов осуществляется путем их промывки растворителем, сушки и активации 5%-ным раствором едкого натра. Ионно-обменная очистка позволяет удалять из масла кислотные загрязнения, но не обеспечивает задержки смолистых веществ.

Селективная очистка отработанных масел основана на избирательном растворении отдельных веществ, загрязняющих масло: кислородных, сернистых и азотных соединений, а также при необходимости полициклических углеводородов с короткими боковыми цепями, ухудшающих вязкостно-температурные свойства масел.

В качестве селективных растворителей применяются фурфурол, фенол и его смесь с крезолом, нитробензол, различные спирты, ацетон, метил этиловый кетон и другие жидкости. Селективная очистка может проводиться в аппаратах типа "смеситель - отстойник" в сочетании с испарителями для отгона растворителя (ступенчатая экстракция) или в двух колоннах: экстракционной для удаления из масла загрязнений и ректификационной для отгона растворителя (непрерывная экстракция). Второй способ экономичнее и получил более широкое применение.

Разновидностью селективной очистки является обработка отработанного масла пропаном, при которой углеводороды масла растворяются в пропане, а

асфальтосмолистые вещества, находящиеся в масле в коллоидном состоянии, выпадают в осадок.

Химические методы очистки основаны на взаимодействии веществ, загрязняющих отработанные масла, и вводимых в эти масла реагентов. При этом в результате химических реакций образуются соединения, легко удаляемые из масла. К химическим методам очистки относятся кислотная и щелочная очистки, окисление кислородом, гидрогенизация, а также осушка и очистка от загрязнений с помощью окислов, карбидов и гидридов металлов. Наиболее часто используются:

Сернокислотная очистка

По числу установок и объему перерабатываемого сырья на первом месте в мире находятся процессы с применением серной кислоты. В результате сернокислотной очистки образуется большое количество кислого гудрона - трудно утилизируемого и экологически опасного отхода. Кроме того, сернокислотная очистка не обеспечивает удаление из отработанных масел полициклических аренов и высокотоксичных соединений хлора.

Гидроочистка

Гидрогенизационные процессы все шире применяются при переработке отработанных масел. Это связано как с широкими возможностями получения высококачественных масел, увеличения их выхода, так и с большой экологической чистотой этого процесса по сравнению с сернокислотной и адсорбционной очистками.

Недостатки процесса гидроочистки - потребность в больших количествах водорода, а порог экономически целесообразной производительности (по зарубежным данным) составляет 30-50 тыс. т/год. Установка с использованием гидроочистки масел, как правило, блокируется с соответствующим нефтеперерабатывающим производством, имеющим избыток водорода и возможность его рециркуляции.

Контрольные вопросы

1. Как проводят нормирование расхода товарных масел?
2. Как проводят контроль качества и оценку старения товарных масел?
3. Опишите принцип процесса сбора отработанных нефтепродуктов.
4. Расскажите о регенерации отработанных масел.
5. На какие группы подразделяются все отработанные нефтепродукты?

Лекция № 8

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

План лекции:

1. Эксплуатационные требования к качеству трансмиссионных масел.
2. Основные свойства трансмиссионных масел.
3. Приборные масла.

1. Эксплуатационные требования к качеству трансмиссионных масел

Трансмиссионные масла предназначены для механизмов агрегатов трансмиссии автомобилей, тракторов и других транспортных средств. Условия работы трансмиссионных масел имеют ряд особенностей: **высокие удельные давления** в зоне зацепления зубчатых колес, **условия граничного трения**, тепловые вспышки в зоне контакта, **высокие скорости относительного скольжения** зубьев и др. К тому же условия работы смазочных материалов в различных механизмах трансмиссий не одинаковы. Поэтому трансмиссионные масла различают по целевому назначению.

Например, масла для коробок передач, для механизмов рулевого управления, для гипоидных передач и т. д. Но даже в одном определенном механизме трансмиссии, например, в главной передаче автомобиля, к условиям работы масла изменяются в очень широких пределах, как по температурному режиму, так и по удельному давлению и скорости скольжения в зоне контакта. Это очень осложняет процесс правильного подбора и применения трансмиссионных масел.

Наиболее перспективным является создание **универсальных и желателно** **всесезонных трансмиссионных масел**, пригодных для всех основных механизмов трансмиссий. Такие масла уже созданы и применяются.

С помощью трансмиссии, и ее отдельных агрегатов передается и преобразовывается крутящий момент от двигателя к движителю, т. е. к колесам, гусеницам, гребному винту и т. д., причем это сопровождается смягчением динамических нагрузок демпфированием вибрациями и снижением уровня шума.

Практически в каждом агрегате трансмиссии имеются зубчатые передачи, подшипники и уплотнения, нормальная работа которых во многом, а часто полностью, определяется свойствами и показателями качества смазочных материалов. В отличие от других механизмов, для механизмов трансмиссии требуются масла с определенными специфическими качествами и, прежде всего, с высокой прочностью масляной пленки. Основным узлом трения в механизмах трансмиссии

является зубчатая передача, поэтому требования к смазочным материалам этого узла следует считать основными и определяющими.

Хорошие вязкостно-температурные свойства приобретают особое значение. Известно, что скорость прогрева масла в трансмиссии значительно меньше, чем в двигателе. Даже при испытаниях на стенде с беговыми барабанами масло в главной передаче прогревается в 2-4 раза медленнее, чем в двигателе. Малый приток тепловой энергии и большие поверхности теплоотвода замедляют прогрев масла, и автомобиль или трактор значительное время работает при очень высокой его вязкости. Это вызывает большие потери энергии в трансмиссии, а, следовательно, существенно снижается топливная экономичность (на 8—12 %, а иногда и более).

Долгое время в качестве трансмиссионных масел применяли остаточные неочищенные масла, например, нигрол вязкостью 20-35 мм²/с при 100 °С. Эти масла при понижении температуры из-за высокого содержания в них смолистых и ряда других естественных поверхностно-активных веществ резко увеличивали свою вязкость, достигавшую 50 000-100 000 мм²/с при 0 °С. При отрицательных температурах эти масла настолько становились вязкими, что без предварительного прогрева заднего моста движение автомобиля было невозможно. При температуре масла, близкой к 0 °С, потери мощности в трансмиссии достигали 45—50 % мощности двигателя.

В настоящее время получение трансмиссионных масел основано на иных принципах. Их высокая маслянистость достигается введением **специальных присадок**. Поэтому лучшие современные трансмиссионные масла могут работать в очень широком диапазоне температур от +100 до -45 °С, причем их кинематическая вязкость при температуре -45 °С составляет не более 2500 мм²/с, а температура застывания -50 °С.

Учитывая условия работы трансмиссионных масел, можно сформулировать основные **требования к их показателям качества**:

1) невысокая кинематическая вязкость при рабочих температурах возможно пологая вязкостно-температурная характеристика, особенно в области отрицательных температур;

2) возможно большая прочность масляной пленки, обеспечивающая надежное и по возможности полное разделение поверхностей зубьев в зоне контакта.

Кроме этого, трансмиссионные масла должны обладать высокими антипенными свойствами, минимально возможной коррозионной агрессивностью, хорошими защитными свойствами, высокой стабильностью, т.

е. неизменностью первоначальных свойств, и не должны разрушать уплотнительные материалы узлов трансмиссии.

Одновременно трансмиссионные масла должны **удовлетворять требованиям**, к которым относят:

- уменьшение износа всех деталей трансмиссии;
- снижение потерь энергии, передаваемой от двигателя к ходовой части автомобиля;
- отвод тепла, вымывание и удаление из зон трения продуктов износа и других загрязняющих масло примесей;
- отсутствие коррозионной агрессивности по отношению к деталям трансмиссии;
- снижение вибрации и шума шестерен и защита их от ударных нагрузок;
- отсутствие вспенивания и меньшее изменение свойств масла.

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

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

Общее требование для всех масел – надежное разделение контактирующих зубьев шестерен, защита поверхностей от износа, снижение потерь на трение.

В зависимости от климатических условий могут входить **летние, зимние, всесезонные, северные и арктические масла**, различающиеся вязкостно-температурными свойствами.

Смазывающая способность (маслянистость) трансмиссионных масел зависит от их состава, определяемого методом получения: путем смешения маловязких масел с остаточными маслами или с экстрактом, получаемым после селективной очистки, в которых сохраняются естественные поверхностно-активные вещества, находящиеся в исходном сырье. Повышению смазочных свойств трансмиссионных масел способствует добавление антифрикционных, противоизносных и противозадирных присадок.

Роль антифрикционных присадок – снижение или стабилизация коэффициента трения соприкасающихся поверхностей. Для этого используют вещества, обладающие поверхностной активностью: животные или

растительные жиры, жирные кислоты и их эфиры, нафтеновые кислоты, мыла жирных кислот и др.

Смазочные свойства трансмиссионных масел в качестве присадок улучшают органические вещества; металлоорганические соединения свинца, цинка, алюминия молибдена, вольфрама и др.; сложные соединения, эффективность действия которых зависит от их активности и концентрации в масле.

Смазывающую способность, противозадирные и противоизносные свойства трансмиссионных масел оценивают экспериментальным путем на машинах трения.

2. Основные свойства трансмиссионных масел

Вязкостно-температурные и низкотемпературные свойства. Пологая вязкостно-температурная характеристика масел — одно из самых важнейших требований к маслам, работающим в широком диапазоне температур. Вязкость масел нефтяного происхождения в силу ряда причин, в основном связанных со структурой молекул углеводородов, очень чувствительна к изменению температуры. Вязкостно-температурные кривые этих масел имеют вид гипербол, причем низкотемпературная часть этих кривых особенно сильно изменяется с изменением температуры.

Известно несколько способов **улучшения вязкостно-температурных** свойств трансмиссионных масел. Самым простым и доступным является их разжижение маловязкими маслами или дизельным топливом.

Исследования показывают, что любое разжижение вязкого масла маловязким компонентом, уменьшая вязкость, снижает концентрацию поверхностно-активных веществ, обладающих высокой маслянистостью. Таким образом, маслянистость разбавленного (разжиженного) исходного масла всегда понижается, а, следовательно, понижается и способность масла выдерживать высокие удельные давления.

Критериями оптимизации являются три фактора: а) механический КПД смазываемого агрегата; б) износ агрегата и его долговечность; в) физическая и химическая стабильность разжиженного масла.

Разжижать готовые трансмиссионные масла товарных марок (хотя это и делают в эксплуатационных условиях довольно часто) следует только в исключительных случаях. Добавление 10 % дизельного зимнего топлива или 20 % веретенного масла значительно улучшает вязкостно-температурные свойства высоковязких трансмиссионных масел.

Более перспективным способом обеспечения пологой вязкостно-температурной характеристики трансмиссионных масел является принцип загущения относительно маловязкой основы различного рода загустителями.

Хорошие низкотемпературные свойства, характеризующиеся температурой застывания масел, обеспечиваются специальным подбором углеводородного состава основы, ее депарафинизацией и деасфальтизацией. Понизить температуру застывания можно с помощью специальных присадок — депрессаторов.

Нижний температурный предел зависит от температуры, при которой масло достигает критической вязкости. Критическая вязкость для механизмов трансмиссии автомобилей имеет для разных видов зацеплений различное значение: для цилиндрических и конических зацеплений 350 ... 400 Па·с, для гипоидных зацеплений 500 ... 600 Па·с.

К важнейшим эксплуатационным характеристикам масел, определяющим возможность их применения на автомобилях, относят величину **вязкости масел и зависимость от температуры.** Установлено, что вязкостно-температурные свойства трансмиссионных масел влияют на способность бесперебойно смазывать трущиеся поверхности; возможность начала движения автомобилей при низких температурах внешней среды, когда масло приняло ее температуру; мощностные показатели агрегатов трансмиссии. Например, при изменении вязкости с 5 мм²/с при 100 °С до 30 мм²/с в условиях городского движения КПД трансмиссии падает почти на 2%. Выявлены также потери мощности в трансмиссии, связанные, в частности, с изменением температуры, для разных автомобилей при использовании различных трансмиссионных масел. Характерно, что сила сопротивления вращению трансмиссии резко возрастает по мере снижения температуры масла.

Для получения масел с пологой вязкостно-температурной кривой в них добавляют **вязкостные присадки** — полимеры (полиизобутилен или полиметакрилат с молекулярной массой 3000—5000). Так, при получении арктических трансмиссионных масел (работоспособные при окружающей температуре ниже —45 °С) на основе маловязких низкозастывающих масел типа МС-8 или трансформаторного добавляют низкомолекулярные полимеры (КП-5, ПМА В-1, октолы).

Применение **загущенных трансмиссионных масел** — один из путей экономии топлива, так как при работе на них по сравнению с незагущенными маслами потери мощности значительно ниже: снижаются гидравлические потери, возрастает к. п. д. трансмиссии автомобилей, что обеспечивает меньший расход топлива.

С целью снижения **динамической вязкости** масел при низких температурах окружающего воздуха, когда в наличии нет зимних, северных или арктических сортов, практикуют добавление к маслам зимнего или арктического дизельного топлива. По зарубежным данным, разбавление

трансмиссионных масел на 20-30% позволяет обеспечить их работоспособность даже при температурах окружающего воздуха до -55 -77 °С.

Исследованиями наших ученых установлено, что даже при 20%-ном разбавлении трансмиссионных масел дизельным топливом их эксплуатационные свойства (и в том числе смазывающие) практически не ухудшаются. Объясняется это избытком противоизносных, противозадирных и других присадок, содержащихся в маслах. В настоящее время в заводских инструкциях и руководствах по эксплуатации ряда отечественных автомобилей содержатся рекомендации о разбавлении трансмиссионных масел дизельным топливом.

Маслянистость, противозадирные и противоизносные свойства. Характерной особенностью работы зубчатой передачи являются высокочастотные циклические законы нагружения в зоне зацепления.

Естественные противозадирные и противоизносные свойства трансмиссионных масел недостаточны для предотвращения питтинга и задиров зубьев в современных механизмах трансмиссии (особенно в главной передаче с гипоидным зацеплением). Поэтому для всех трансмиссионных масел, предназначенных для современных автомобилей и других транспортных средств, должен быть предусмотрен комплекс присадок.

Для защиты поверхности зубьев от задира и интенсивного износа решающее значение имеет адсорбционный граничный слой полярно активных молекул. По своим механическим свойствам этот слой близок к кристаллическим структурам твердых тел и способен выдержать очень большие давления. Причем воспринимая и выдерживая высокие напряжения сжатия, граничные слои очень податливы тангенциальным усилиям. Это особенно важно для работы гипоидных зацеплений, у которых высокие удельные нагрузки сочетаются со скольжением трущихся поверхностей.

Небольшое количество воды несколько улучшает противозадирные свойства масел. Это объясняется тем, что вода, взаимодействуя с присадками, содержащими хлор или серу, гидролизует эти соединения, усиливая их полярную активность. Вместе с тем вода, как правило, способствует коррозионному изнашиванию, и ее отрицательное влияние может оказаться преобладающим.

Коррозионная активность. В некоторых современных узлах трансмиссии (например, в раздаточных коробках автомобилей высокой и сверхвысокой проходимости) температура в районах жаркого климата и на форсированных режимах достигает 150-160 °С. В этих условиях присадки начинают быстро разрушаться, а реакции окислительной полимеризации ускоряются, кислотное число масла увеличивается, процессы коррозионно-

механического изнашивания могут принять опасный характер. Коррозионная активность трансмиссионных масел приобретает особое значение, так как может стать неуправляемой.

Ряд деталей агрегатов трансмиссии автомобилей изготавливают из цветных металлов, металлокерамики на медной основе, сплавов, содержащих олово, и др. В результате их химического взаимодействия с кислыми продуктами (образуются в процессе окисления масла) возникают коррозионные процессы. Коррозию медных деталей могут вызвать также входящие в состав трансмиссионных масел противозадирные и противоизносные присадки, отличающиеся высокой химической стабильностью. Повышенные рабочие температуры масел усиливают этот процесс. Необходимо учитывать, что значительное поражение коррозией ответственных деталей из медных сплавов может быть причиной серьезных нарушений работы агрегатов трансмиссии.

Чтобы предупредить или уменьшить коррозионные процессы, в масло вводят противокоррозионные присадки. Поскольку антиокислительные и моющие присадки тормозят процессы окисления (снижается концентрация в масле агрессивных продуктов) или нейтрализуют уже образовавшиеся кислые вещества, их можно рассматривать и как противокоррозионные.

В стандартах на товарные трансмиссионные масла нормируются следующие **показатели качества**, влияющие на коррозионную агрессивность: кислотное число, содержание водорастворимых кислот и щелочей, содержание воды и коррозия стальных и медных пластинок.

Содержание серы не является прямым признаком коррозионной агрессивности, так как сера, фосфор и ряд других элементов должны присутствовать в масле в составе противоизносных и противозадирных присадок, и их содержание в нем хотя и может вызвать потемнение и коррозию деталей из меди и ее сплавов, но это считается одним из видов управляемой коррозии, которая полностью компенсируется высокими противоизносными и противозадирными свойствами масла.

Кислотное число обычно нормируют только для масел без присадок; оно не должно быть более 0,1—0,2 мг КОН/г.

Водорастворимые кислоты и щелочи во всех марках трансмиссионных масел должны отсутствовать, и только в маслах, предназначенных для планетарных и автоматических коробок передач (масло МТ8П и масло А), допускается щелочная реакция. Вода в трансмиссионных маслах должна отсутствовать.

Наиболее важной и надежной проверкой трансмиссионных масел на коррозионную агрессивность являются пробы на стальную, медную и свинцовую пластинки. Масла, как правило, должны выдерживать эти испытания. Но для некоторых гипоидных масел допускается потемнение

медной пластинки, свидетельствующее о наличии активной серы. Эти масла не рекомендуется применять в агрегатах с деталями из латуни и бронзы.

Смазывающая способность. Для обеспечения возможно меньшего износа высоконагруженных зубчатых передач трансмиссионные масла должны обладать хорошими смазывающими свойствами. Смазывающая способность (маслянистость) трансмиссионных масел зависит от их состава, определяемого методом получения: путем смешения маловязких масел с остаточными маслами или с экстрактом (смолкой), получаемым после селективной очистки, в которых сохраняются естественные поверхностно-активные вещества, находящиеся в исходном сырье.

Защитные свойства. Установлено, что концентрация воды в трансмиссионных маслах во время эксплуатации автомобилей может достигать 8%. Причин обводнения масла несколько: во внутренние полости через зазоры в уплотнениях и сапуны поступает воздух, содержащий пары воды; неплотности в системах охлаждения редукторов — еще один путь проникновения воды в масло, которая нередко содержит неорганические соли и коррозионно-агрессивные компоненты (их образование возможно и в процессе старения масла). Поскольку вода выполняет функции электролита, проводящего ток, возникновение электрохимической коррозии практически неизбежно. В процессе эксплуатации и хранения агрегатов трансмиссии с ней борются, вводя в смазочные масла защитные присадки, или, как их называют, — ингибиторы коррозии. Они вытесняют влагу и другие электролиты с поверхности металла и создают на ней прочную адсорбционную или хемосорбционную пленку. Таким путем исключается контакт металла с агрессивной средой. Отличие защитных присадок от противокоррозионных состоит в их устойчивости к действию не только органических кислот, но и воды.

Большое значение для трансмиссионных масел имеют **противопенные свойства**. Установлено, что чем прочнее масляные пленки, чем больше поверхностное натяжение, тем интенсивнее пенообразование.

Противоизносные и антифрикционные присадки к маслам - препятствуют изнашиванию поверхностей трения деталей двигателя, являются одними из первых химических присадок, обеспечивают экономию топлива путем снижения мощности трения, увеличивают КПД двигателя.

На рынке автохимии появилось несколько десятков присадок в масляную систему, призванных обеспечить снижение потерь на трение и скоростей износа деталей двигателя. При этом классификация подобных препаратов достаточно условна.

Зачастую производители близких по составу и способу действия материалов придумывают им новые «родовые» названия. Так, например, обстоит дело с различными «кондиционерами металлов», «модификаторами

трения» и т.п. При этом никто не объяснит, в чем состоит «кондиционирование металла» или «модификация трения». По крайней мере, современной науке такие понятия неизвестны. Логически оправдано разделение препаратов по структуре и свойствам основных активных компонентов, воздействующих на двигатель. Следует выделить такие группы:

- 1) реметаллизаторы поверхностей трения;
- 2) тефлонсодержащие антифрикционные препараты;
- 3) полимерные антифрикционные препараты;
- 4) ремонтно-восстановительные составы на базе минеральных порошков;
- 5) эпиламные (эпиламоподобные) и металлоорганические антифрикционные восстанавливающие составы.

Согласно ГОСТ 17479.2-85 трансмиссионные масла в зависимости от эксплуатационных свойств делятся на 5 групп, определяющих **области их применения** (табл. 8.1) и на 4 **класса по вязкости** (табл. 8.2).

Таблица 8.1

Группы трансмиссионных масел по содержанию присадок, эксплуатационным свойствам и области их применения

| Группа масел | Наличие присадок в масле | Рекомендуемая область применения, контактные напряжения и температура масла в объеме |
|--------------|--|--|
| 1 | Минеральные масла без присадок | Цилиндрические, конические и червячные передачи (от 900 до 1600 МПа, до 90 °С) |
| 2 | Минеральные масла с противозносными присадками | То же при контактных напряжениях до 2100 МПа, температура до 130 °С |
| 3 | Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности | Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипоидные передачи (до 2500 МПа, температура до 150 °С) |
| 4 | Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности | Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи (до 3000 МПа, температура до 150 °С) |
| 5 | Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла | Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С |

Классы вязкости трансмиссионных масел
в соответствии с ГОСТ 17479.2-85

| Класс вязкости | Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре +100 °С | Температура, °С, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па с |
|----------------|--|--|
| 9 | 6,00-10,99 | -45 |
| 12 | 11,00-13,99 | -35 |
| 18 | 14,00-24,99 | -18 |
| 34 | 25,00-41,00 | - |

Маркировка трансмиссионных масел, например, ТМ-2-9, осуществляется следующим образом: ТМ – трансмиссионное масло; 2 – группа масла по эксплуатационным свойствам; 9 – класс вязкости.

3. Приборные масла

Приборные масла применяют для смазки узлов трения в точных приборах и механизмах. Подразделяются на три группы:

- общего назначения;
- специального назначения;
- часовые масла.

Приборные масла общего назначения выпускаются с вязкостью:

$V_{50} = 6-24$ мм²/с и используется для смазки измерительно-контрольных приборов, для наполнения амортизаторов и в качестве распределительной жидкости в приборах.

Приборные масла специального назначения $V_{50} = 3-50$ мм²/с используется для смазки микро - электродвигателей, шариковых подшипников микромашин, точных приборов и часов.

Выпускаются для применения в интервале температур от -45 до 100°С. Часовые масла, для смазки механизма башенных часов выпускаются двух марок:

$V_{50} = 400$ мм²/с; $V_{50} = 25$ мм²/с.

Контрольные вопросы

1. Какие основные требования предъявляются к показателям качества трансмиссионных масел?
2. На какие группы можно разделить трансмиссионные масла по уровню напряженности работы зубчатых передач?
3. Опишите противоизносные и антифрикционные присадки к маслам.
4. Какова роль антифрикционных присадок?
5. Перечислите группы приборных масел.

Лекция № 9

МАСЛА ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

План лекции

1. Масла для поршневых двигателей.
2. Масла для турбореактивных двигателей и вертолётов.

Условия работы авиационных масел

С развитием авиационного двигателестроения повысились тепловые напряжения, скорости движения и нагрузки на трущиеся детали двигателей. Масло в двигателе подвергается воздействию высоких температур, каталитическому влиянию конструкционных материалов, из которых состоит двигатель и смазываемые агрегаты, большим давлениям, окислительному действию кислорода воздуха. Условия работы масла значительно меняются в зависимости от типа двигателя, его конструктивных особенностей. В некоторых случаях для смазки одного и того же двигателя, работающего в различных климатических условиях, требуются различные по качеству масла. Для различных типов авиационных двигателей, а также для агрегатов и приборов требуются прежде всего масла различной вязкости. Вязкость обычно является основным определяющим показателем классификации масел.

По целевому назначению авиационные масла делятся на следующие группы:

1. Масла для авиационных турбореактивных двигателей, маловязкие, с низкой температурой застывания;
2. Масла для авиационных турбовинтовых двигателей, мало- и средневязкие, с низкой температурой застывания и высокой смазывающей способностью;
3. Масла для поршневых авиационных двигателей, высоковязкие, подвергнутые глубокой очистке;
4. Масла для редукторов вертолетов (трансмиссионные масла), высоко- и средневязкие, с хорошей смазывающей способностью.

Агрегатные и приборные масла, маловязкие, подвергнутые глубокой очистке, с низкой температурой застывания.

Общие требования к маслам

Прежде всего, масло должно обеспечивать хорошую смазку трущихся деталей и предотвращать их износ. Желательно чтобы даже при кратковременных нарушениях жидкостного режима смазки (пусковой период и период остановки) масло хорошо защищало от износа трущиеся детали. Масло в любых условиях эксплуатации должно надежно подаваться к трущимся и охлаждаемым деталям двигателя, агрегата или прибора.

При длительной работе масло должно сохранять свои свойства и не давать отложений на деталях, т.к. отложения способствуют перегреву и загрязнению двигателя, агрегата или прибора. Масло не должно вызывать коррозии деталей, и призвано защищать детали от внешних коррозионных факторов. Необходимо, чтобы масла имели невысокую стоимость и длительный ресурс работы. Одним из важнейших требований к маслам является нетоксичность и малая огнеопасность.

Исходя из этих требований желательно, чтобы масла имели следующие свойства:

- возможно меньшую вязкость, но достаточную для создания надежного жидкостного слоя в зазорах при максимальной рабочей температуре;
- резкое возрастание вязкости с повышением давления;
- пологую вязкостно-температурную характеристику;
- низкую температуру застывания;
- хорошую смазывающую способность и высокую нагрузочную прочность пленки;
- отсутствие нестабильных составных частей, выделяющихся в виде отложений в двигателе;
- отсутствие коррозионно-активных примесей и химически нестабильных составных частей, склонных к превращению в коррозионно-активные вещества;
- высокую температуру вспышки, характеризующую стойкость против испарения и выгорания при работе двигателя, а также низкую огнеопасность масла;
- физическую однородность (отсутствие механических примесей и воды).

Масла, полностью удовлетворяющие всем названным требованиям, получить практически нельзя, т.к. ряд требований противоречит друг другу. Поэтому подбор масла для конкретного двигателя ведут таким образом, чтобы оно по своим основным показателям наиболее полно отвечало требованиям для этого двигателя

Масла для авиационных поршневых двигателей **Условия работы масла в поршневом двигателе**

Основные узлы трения авиационных поршневых двигателей являются самыми напряженными из всех типов двигателей внутреннего сгорания. Кроме того, в поршневом двигателе масло выполняет функцию уплотнителя между камерой сгорания и картером двигателя, следовательно, оно соприкасается с зоной горения горючей смеси. Это делает условия работы масла в двигателе весьма тяжелыми.

Смазка узлов трения и отвод тепла от деталей двигателя осуществляется маслом путем его циркуляции и барботажа. Циркуляция масла производится под давлением 0,4-1,0 мПа. Через двигатель прокачивается от 1100 до 3800 л/ч масла (в зависимости от типа двигателя и режима его работы). При сравнительно больших емкостях масляных баков за 1 ч частица масла успевает пройти через двигатель десятки раз.

В поршневых двигателях основным типом подшипников являются подшипники скольжения. Удельное давление в них достигает 6000 – 8000 Н/см². Температура подшипника зависит, главным образом, от работы трения, температуры и количества масла, протекающего через него. В современных двигателях температура подшипника может достигать 150°С.

В двигателе масло попадает в различные температурные условия от 80°С в картере до 2500°С в камере сгорания, а в среднем, в различных узлах двигателя, колеблется от 100 до 280°С. Часть циркулирующего в двигателе масла проникает в камеру сгорания и сгорает вместе с топливом. Связанный с этим расход масла в зависимости от типа двигателя и его технического состояния может быть от 5 до 25 г/л.с•ч.

Для узлов трения авиационных двигателей характерны большие скорости движения. Так, например, скорость скольжения основных трущихся деталей находится в пределах 6-15 м/с. Масло в двигателе приходит в соприкосновение с самыми разнообразными металлами и сплавами: сталями различных марок и различной обработки, алюминиевыми сплавами, баббитами, свинцовистой бронзой, кадмиево-серебряными сплавами и др.

Очистка масла в процессе работы производится пластинчатыми фильтрами, а также центрифугированием в полостях шатунных шеек коленчатого вала. Содержащиеся в масле загрязнения отбрасываются центробежными силами к периферии шейки и образуется осадок. Чтобы обеспечить жидкостную смазку узлов трения в условиях высокого удельного давления и высокой температуры, а также хорошее уплотнение зазоров между поршнем и цилиндром, необходимо масло достаточно высокой кинематической вязкости, порядка 20-22 мм²/с при 100°С. При недостаточной вязкости жидкий слой масла не может удержаться в зазорах, и, в результате, усиливается износ деталей. Кроме того, увеличивается заброс масла в цилиндры, из-за чего растет его расход, усиливается нагарообразование, происходит замасливание свечи, что приводит к перебоям в зажигании, детонации, перегреву и разрушению поверхности поршня. Наряду с этим нарушается уплотнение поршневых колец, падает компрессия, газы прорываются в картер, снижая мощность двигателя, загрязняется масло, усиливается коррозия подшипников и шламообразование.

Слишком высокая вязкость масла тоже нежелательна, так как она приводит к увеличению трения, и, следовательно, при режимной работе двигателя вызывает повышенную потерю мощности. При низкой температуре из-за высокой вязкости затрудняется запуск двигателя, а после запуска замедляется прокачка и ухудшается разбрызгивание масла. Свежее масло к узлам трения своевременно не поступает, а находящееся в зазорах за счет трения перегревается и вытекает. Возникает масляное голодание, повышенный износ или даже задир и заедание деталей.

В моменты пуска и остановки граничная пленка масла должна защищать узлы двигателя от сухого трения, а также обеспечивать надежную работу шестерен редуктора и других силовых передач, где образование жидкостного трения невозможно. Следовательно, масло должно обладать высокой смазывающей способностью. Таким образом, масло в двигателе подвергается действию высоких температур и давлений, находится в тесном контакте с различными металлами в присутствии кислорода воздуха. В таких условиях масло должно быть весьма стабильным, чтобы длительное время сохранять свои свойства и не давать больших загрязнений двигателя в виде нагара, лака и шлаков, что обеспечивается технологическими приемами в процессе его производства, описанными в предыдущих разделах.

Газотурбинные масла

К газотурбинным относятся масла для смазывания авиационных газотурбинных двигателей. В турбореактивных двигателях (ТРД) масло предназначено для смазки и охлаждения крупногабаритных высокоскоростных шариковых и роликовых подшипников турбины и компрессора, шестерен, подшипников коробки привода топливного и масляного насосов и других вспомогательных механизмов.

В турбовинтовых авиационных двигателях (ТВД), в газотурбинных двигателях (ГТД) кораблей и двигателях наземной техники масла служат, кроме того, для смазки тяжело нагруженных силовых редукторов, предназначенных для снижения частоты вращения исполнительных механизмов (винтов самолетов и вертолетов, катков танков, винтов кораблей), что в значительной степени усложняет условия их применения, так как вызывает необходимость выполнения функции трансмиссионных масел.

Смазочное масло в двигателе снижает потери энергии на трение, уменьшает скорость изнашивания деталей, отводит тепло, выносит загрязнения из зон трения. Кроме того, смазочные масла защищают детали двигателя от коррозии в процессе эксплуатации и хранения техники, выполняют роль гидравлической жидкости в различных системах регулирования и автоматики.

Условия применения и требования к качеству

В современных ТРД и ТВД применяют циркуляционные замкнутые (одноконтурные и двухконтурные) незамкнутые и комбинированные системы смазки. Масло с большой частотой обращения циркулирует по контуру: бак (цистерна) — двигатель — бак. Основными элементами масляной системы являются масляный бак, топливомасляный радиатор, нагнетающий и откачивающие насосы, фильтры, воздухоотделители, редукционные и запорные клапаны, распылительные форсунки, маслопровод, датчики и приборы контроля температуры и давления.

К наиболее характерным условиям применения масел в ТРД относятся: высокие температуры, большая кратность циркуляции масла и частота вращения вала турбокомпрессора ($700.18000 \text{ мин}^{-1}$), обуславливающие интенсивное перемешивание горячего масла с воздухом, уравновешенность турбины и ротора компрессора, относительно небольшие нагрузки на опорные подшипники, большие удельные давления в упорных подшипниках (2000.3000 МПа). Масло в системе не соприкасается с зоной горения, как в поршневых двигателях. Поэтому масло не подвергается глубокому термическому разложению и выгоранию.

Однако при работе двигателя смазочное масло быстро нагревается за счет тепла от горячих деталей двигателя и аэродинамического нагрева. Масло в узлах и агрегатах работающих двигателей имеет различную температуру (табл. 9.1).

Таблица 9.1

Температура масла в системах турбореактивных авиационных двигателей

| № п/п | Место замера температуры масла | Температура масла при скорости 0^\wedge | | |
|-------|--|---|-------|-------|
| | | 0,9 М | 2,2 М | 3,0 М |
| 1 | На входе в двигатель | 90 | 130 | 260 |
| 2 | На выходе из двигателя | 130 | 190 | 370 |
| 3 | Вблизи выхлопа отработавших газов | 200 | 290 | 330 |
| 4 | В лабиринтных уплотнениях | 260 | 350 | 540 |
| 5 | В поверхностном слое подшипников турбины | 260 | 260 | 315 |

В связи с этим для характеристики теплонапряженности обычно пользуются средней температурой, за которую принимают температуру масла на выходе из двигателя после объединения его потоков. Для ТРД дозвуковой авиации она составляет 100.120°C , для самолетов, летающих кратковременно со сверхзвуковой скоростью — 150°C , для — ТРД при скорости полета 2.3 М — 200.250°C , при скорости полета 3.3,2 М — 300°C . Наименьшая температура, которая может наблюдаться в масле - это температура окружающего воздуха или температура охлаждающихся во время работы масляных потоков. Перед

пуском двигателя в зимних условиях температура масла может составлять от минус 40 до минус 50 °С.

Особенно неблагоприятные температурные условия создаются при остановке двигателя, когда прокачка масла прекращается, и тепло от лопаток турбины интенсивно передается подшипнику, нагревая его до 260.300 °С и выше. До такой же высокой температуры нагревается при этом поверхность и другие детали системы смазки, вызывая глубокое окисление масла, находящегося на этих поверхностях в виде тонкой пленки. Небольшое количество масла в системе (10.15 л в ГРД, 50.200 л в ТВД и 15.50 л в ГТД вертолетов) обуславливает необходимость его интенсивной циркуляции (50.130 раз в час, т.е. со скоростью движения масла в каналах и маслопроводах до 3 м/с). При этом через теплонапряженные подшипники турбины масла прокачивается в два-три раза больше, чем через подшипники компрессора.

Такие условия применения смазочных масел способствуют их насыщению воздухом и вспениванию. В смеси масла с воздухом, поступающей из подшипников зубчатых передач и других узлов, может содержаться до 30.60 % (объемных) воздуха. Во всех масляных баках давление всегда ниже, чем в остальной части маслосистемы. В масляных баках самолетов оно значительно снижается с увеличением высоты полета, что способствует образованию пены. Для борьбы с пенообразованием устанавливают воздухоотделители и вводят в масла антипенные присадки.

Насыщение масла воздухом в сочетании с нагревом его до высокой температуры и каталитическим действием металлов создают условия для его глубокого окисления. В результате в масляной системе и на отдельных деталях двигателя могут появляться липкие осадки, лаковые отложения и твердые вещества типа карбенов и карбоидов. Все это может привести к ухудшению условий смазки, затруднению прокачки масла в масляной системе, сокращению поступления масла на поверхности трения, ухудшению теплоотвода, увеличению энергии на трение и ускорению изнашивания деталей. Превышение предельно допустимой температуры может создать условия для разложения некоторых компонентов масла и усиленного испарения легкокипящих фракций, увеличения скорости коррозии и ускоренного разрушения уплотнительных материалов.

В соответствии с условиями применения смазочные масла для газотурбинных двигателей должны отвечать следующим требованиям:

- обладать высокой термической и термоокислительной стабильностью, противостоять образованию отложений, изменению состава и свойств;
- иметь хорошие антифрикционные свойства, обеспечивающие минимальные затраты энергии на трение на всех режимах работы, легкий пуск двигателя;

- легко прокачиваться, иметь пологую вязкостно-температурную кривую и низкую температуру застывания;
- обладать достаточным уровнем смазывающих свойств, обеспечивать минимальный износ трущихся деталей, прежде всего подшипников турбокомпрессора, а также зубьев шестерен высоко-нагруженных редукторов;
- надежно защищать детали двигателя от химической и электрохимической коррозии;
- не разрушать и не вызывать изменения физико-химических свойств уплотнительных материалов;
- не испаряться, иметь возможно узкий фракционный состав для обеспечения минимальных потерь от испарения и постоянства вязкостно-температурных характеристик;
- не вспениваться, не гидролизиться, иметь высокую температуру самовоспламенения, не быть токсичными.

Марки, состав и применение газотурбинных масел

В соответствии с перечисленными требованиями выпускается ряд марок газотурбинных масел (рис.9.1).

Масла для турбореактивных двигателей (ТРД) минеральные. МС-8 п - является основным нефтяным маслом для ГТД дозвуковой авиации и сверхзвуковых самолетов. Используется для приготовления маселосмесей в ТВД, а также для консервации маселосистем в авиационных двигателях. Применяется на корабельных, газотурбинных установках. Содержит антиокислительные и противоизносные присадки и деактиватор металла.

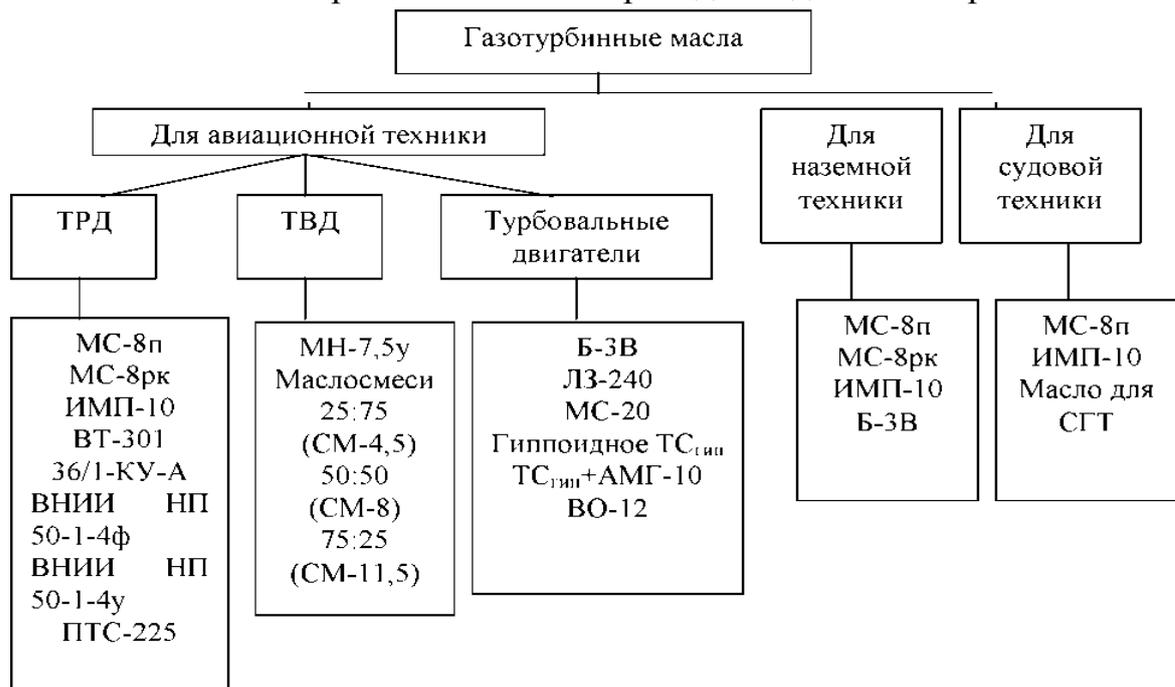


Рис. 9.1 Масла для газотурбинных двигателей

Кинематическая вязкость при 50 С равна 8,0 мм²/с, кинематическая аэродромном хранении. Технику можно пускать в эксплуатацию без пере-консервации. При консервации маслосистем авиационных двигателей срок защиты составляет для МС-8 п 1 год, для масла МС-8 рк — 4.8 лет.

Основные эксплуатационные характеристики минеральных масел для турбореактивных двигателей даны в табл. 9.2

Таблица 9.2

Основные характеристики минеральных масел для турбореактивных двигателей

| Показатели | МС-8 п | МС-8 рк |
|---|-------------|---------|
| 50 °С, не менее | 8,0 | 8,0 |
| - 40 °С, не более | 4000 | 5000 |
| Температура, °С: | | |
| вспышки в закрытом тигле, не ниже | 145 | 145 |
| застывания, не выше | -55 | -55 |
| Кислотное число, мг КОН/г, не более | 0,05 | 0,15 |
| Содержание водорастворимых кислот, щелочей, воды, механических примесей | Отсутствует | |
| Термоокислительная стабильность, ч (температура, °С) | 50(150) | 50(150) |
| Показатели после окисления: | | |
| кинематическая вязкость, мм ² /с, не более, при температуре: | | |
| 50 °С | 1 0 | 1 1 |
| - 40 °С | 5500 | 6750 |
| кислотное число, мг КОН/г, не более | 0,7 | 0,7 |
| массовая доля осадка, нерастворимого в изооктане, %, коррозия на пластинках, г/м ² , не более: | 0,15 | 0,15 |
| сталь ШХ15 | Отсутствует | |
| медь М1 и М2 | ±0 | ±0 |
| алюминиевый сплав АК4 | Отсутствует | |
| Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более | 875 | 900 |
| Трибологические характеристики на ЧШМТ | | |
| критическая нагрузка, Н, не менее | 490 | 490 |
| показатель износа при осевой нагрузке 196 Н, не более | 0,55 | 0,55 |

Масла для турбовинтовых двигателей (ТВД)

МН-7,5У — нефтяное масло на основе маловязкого дистиллята из восточных сернистых нефтей, загущенное высокополимерными материалами, содержащее антиокислительную и противоизносную присадки.

МН-7,5У — получается на той же основе, что и масло МН-7,5, но со-

держит дополнительно защитную присадку и ингибитор коррозии.

Можно применять в ТВД всех типов при температуре масла на выходе из двигателя до плюс 150 °С — для смазывания подшипников двигателя и редуктора винта наряду с маслосмесями.

Маслосмеси: СМ-4,5 — маловязкая смесь масла МС-20С (25 %) с маслом МС-8 (75 %); применяется для ненагруженных турбовинтовых двигателей типа АИ-20, АИ-24.

СМ-11,5 — высоковязкая смесь масла МС-20С (75 %) с маслом МС-8 (25 %); применяется для нагруженных турбовинтовых двигателей в вертолетах МИ-6 и МИ-8 для летней эксплуатации до температуры минус 10 °С, а СМ-8 — смесь масла МС-20С (50 %) с маслом МС-8 (50 %) — для зимней эксплуатации.

Масло для судовых газовых турбин (СГТ)

СГТ — представляет собой трансформаторное масло сернокислотной очистки, содержащее противоизносную (севол) и антиокислительную (ионол) присадки.

Предназначено для судовых газотурбинных двигателей, газотурбогенераторов и редукторов газотурбинных установок с рабочей температурой до 140 °С. Обладает хорошими смазывающими и противоизносными свойствами.

Дублирующие масла: МС-8 (п), МС-8 (рк).

Масла для вертолетов

В вертолетах маслами смазываются двигатели, редукторы трансмиссии и шарниры втулок винтов. В двигателях вертолетов Ми-6 и Ми-8 используются как минеральные, так и синтетические масла. Для смазывания редукторов трансмиссии вертолетов используется широкий ассортимент масел различного назначения, уровень качества которых невысок. Так как маловязкие моторные масла имеют недостаточную смазывающую способность, а высоковязкие нефтяные масла обладают неудовлетворительными низкотемпературными характеристиками, то для смазки редукторов трансмиссий широко применяют смеси масел.

В вертолетах Ми-6 и Ми-8 для летней эксплуатации до температуры минус 10°С используют маслосмеси СМ-11,5 – 75% масс. МС-20 и 25% масс. МС-8п. Для зимней эксплуатации – смесь СМ-8 – 50% масс. МС-8п и 50% масс. МС-20.

В редукторах хвостовой трансмиссии вертолетов летом широко применяется масло МС-20 и трансмиссионное масло ТСгип, а зимой из-за плохих низкотемпературных свойств масел – смесь МС-20 с МС-8п и смесь ТСгип с жидкостью АМГ-10 (маслосмесь СМ-9).

Применение смесей масел усложняет эксплуатацию вертолетов и не может обеспечить безопасность полетов. Из синтетических масел в редукторах вертолетов Ми-2 и Ми-8, а также в главном редукторе тяжелонагруженного вертолета Ми-26 используется синтетическое масло Б-3В.

Шарниры винтов отечественных вертолетов смазывают сезонными маслами. В осевых шарнирах втулок винтов вертолетов, эксплуатирующихся летом, используют масло МС-20, а зимой - синтетическое масло на основе полиальфаолефинов и сложных эфиров ВО-12. Это масло можно использовать в интервале температур от $+60^{\circ}\text{C}$ до -50°C . Горизонтальные и вертикальные шарниры втулок винтов вертолетов смазывают летом маслом ТСгип, а зимой смесью ТСгип и АМГ-10.

Контрольные вопросы

1. Теплотворная способность горючих для поршневых и реактивных двигателей. Пути повышения теплотворности горючих.
2. Плотность авиационных топлив. Сформулируйте понятия абсолютной и относительной плотности.
3. Рассмотрите влияние химической природы и строения углеводородов топлив на их плотность.
4. Рассмотрите понятие плотности и укажите взаимосвязь топлив с энергетическими характеристиками.
5. Плотность, объем и масса авиатоплив. Влияние температуры на эти показатели и их практическое значение для эксплуатации авиатехники. Методы определения плотности топлив.
6. Рассмотрите взаимосвязь теплотворной способности топлив с их химическим и фракционным составом и покажите изменение теплотворности топлив при изменении температуры кипения топлив.
7. Испаряемость авиатоплив. Ее основные показатели. Влияние испаряемости топлив на высотные характеристики ЛА и полноту сгорания топлив.
8. Основные показатели, характеризующие испаряемость топлив. Кривая фракционной разгонки авиатоплив, характерные точки на кривой фракционной разгонки авиатоплив и их эксплуатационное значение.
9. Испаряемость авиатоплив. Факторы, влияющие на испаряемость и методы определения показателей испаряемости.
10. Влияние испаряемости на смесеобразование и характеристики горения авиатоплив в двигателях.

Лекция № 10

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА

План лекции

1. Классификация промышленных масел.
2. Применение и условия эксплуатации промышленных масел.

Промышленные масла

Технический прогресс в машиностроении характеризуется бурным ростом парка различных машин и механизмов с одновременным ужесточением условий эксплуатации (повышение скоростей, нагрузок, температуры, точности обработки металла и т.д.), что выдвигает новые требования к качеству промышленных масел.

Эксплуатационные свойства промышленных масел существенно влияют на потери мощности на трение, износ трущихся деталей, плавность движения при малых скоростях скольжения, стабильность к окислению и коррозии, эмульгируемость, пенообразование и деаэрацию. Важнейшими являются смазывающие свойства, обеспечивающие плавное устойчивое скольжение и демпфирование. Условия трения являются определяющими при выборе масел. Правильный выбор масла позволяет значительно продлить срок службы оборудования и снизить стоимость его эксплуатации.

Ассортимент промышленных масел для промышленного оборудования включает около 100 наименований; масла для гидравлических систем составляют – 46,6%, для зубчатых и червячных передач и тяжело нагруженных элементов промышленного оборудования – 41%. Столь широкий ассортимент обусловлен многообразием промышленного оборудования и спецификой его работы.

Промышленные масла общего назначения

Промышленные масла общего назначения без присадок по ГОСТ 20799-88 в зависимости от кинематической вязкости при 40⁰С применяются:

- масла И-5А и И-8А дистиллятные из малосернистых и сернистых нефтей - для смазывания легконагруженных, высокоскоростных узлов и механизмов, замасливания волокон и в производстве масел, смазок и резин;

- масла И-12А, И-12А₁ дистиллятные из сернистых нефтей селективной очистки – для смазывания втулок, подшипников веретен ровничных и других машин, узлов котонных и кетонных машин, шпинделей металлорежущих станков, для подшипников маломощных электродвигателей с кольцевой системой смазки, в качестве рабочих жидкостей в объемных гидроприводах,

работающих в закрытом помещении и на открытом воздухе, для поршневой группы аммиачных компрессоров и для многих других видов оборудования.

- масла И-20А, И-30А, И-40А, И-50А дистиллятные или смесь дистиллятного и остаточного из сернистых и малосернистых нефтей селективной очистки – в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах станочного оборудования, автоматических линий, прессов, для смазывания легко- и средненагруженных зубчатых передач, направляющих качения и скольжения станков, где не требуются специальные масла и других механизмов. Масло И-20А широко применяется в гидравлических системах промышленного оборудования, для строительных, дорожных и других машин, работающих на открытом воздухе.

Таблица 10.1

*Характеристики промышленных масел общего назначения без присадок
(ГОСТ 20799-88)*

| Показатели | И-5А | И-8А | И-12А | И-12А | И-20А | И-30А | И-40А | И-50А |
|---|--------------------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| | Обозначение по ГОСТ 17479.4-87 | | | | | | | |
| | И-Л-А-7 | И-Л-А-10 | И-ЛГ-А-15 | ИЛГ-А-15 | И-Г-А-32 | И-Г-А-46 | И-Г-А-68 | И-ГТ-А-100 |
| Плотность при 20 ⁰ С, кг/м ³ , не более | 870 | 880 | 880 | 880 | 890 | 890 | 900 | 910 |
| Вязкость кинематическая, при 40 ⁰ С, мм ² /с | 6-8 | 9-11 | 13-17 (13-21) | 13-17 (13-21) | 29-35 (25-35) | 41-51 | 61-75 (51-75) | 90-110 (75-95) |
| Кислотное число, мг КОН/г, не более | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Температура, ⁰ С: вспышки в открытом тигле, не ниже застывания, не выше | 140(120) -18 | 150(130) -15 | 170 -15 | 165 -30 | 200(180) -15 | 210(200) -15 | 220(200) -15 | 225 (215) -15 |
| Цвет, ед. ЦНТ, не более | 1,0(2,0) | 1,5(2,0) | 1,5(2,5) | 2,5 | 2,0(3,0) | 2,5(3,5) | 3,0(4,5) | 4,5(6,5) |
| Стабильность против окисления: приращение кислотного числа, мг КОН/г, не более | 0,2(0,3) | 0,2(0,3) | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| приращение смол, %, не более | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2,0(3,0) | 3,0 | 3,0 | 3,0 |

Индустриальные масла с присадками (легированные)

В производстве индустриальных масел с присадками используют, как правило, высокоиндексные глубокоочищенные базовые масла из сернистых нефтей, а также масла компоненты селективной очистки и из продуктов глубокого гидрирования нефтяных фракций. Большую долю легированных масел занимают гидравлические масла.

Масла для гидравлических систем

Гидравлические масла применяются в гидравлических системах, которые находят все большее применение в конструкциях металлообрабатывающих станков, прессов, автоматических линий и пр. В таком оборудовании гидравлическое масло является одним из необходимых конструкционных элементов.

В настоящее время производятся масла для этих систем с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и противозадирными свойствами. В соответствии с широким диапазоном рабочих параметров гидравлических систем и предъявляемыми к жидкостям эксплуатационным требованиям, масла для гидравлических систем промышленного оборудования условно делят на четыре группы.

В первую группу входят нефтяные масла без присадок, которые используют в качестве рабочих жидкостей в устаревших системах, где не предъявляются особые требования к эксплуатационным свойствам масел. Это масла И-12А, И-12А₁, И-20А, И-30А, И-40А и И-50А.

Вторую группу составляют легированные масла с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и антипенными свойствами. Это масла серии ИГП, их используют в гидравлических системах, эксплуатируемых при высоких рабочих давлениях (до 16-35 МПа) с кинематической вязкостью при 50⁰С от 16 до 118 мм²/с.

Свыше 80% этих масел производятся масла ИГП-18, 30 и 38, которые применяются в гидравлических системах промышленного оборудования.

Основные требования к современным гидравлическим маслам: повышение стабильности, улучшение противоизносных, защитных, деаэрационных свойств, совместимости с материалами гидросистем, фильтруемости, деэмульгируемости.

Эксплуатационные свойства масел серии ИГП уже не отвечают возросшим требованиям, предъявляемым к гидравлическим маслам для современного высокоточного оборудования, оснащенного фильтрами тонкой (5-10 мкм) очистки.

Таблица 10.2

Характеристики промышленных масел серии ИГП

| Показатели | ИГП-18 | ИГП-30 | ИГП-38 | ИГП-49 | ИГП-72 | ИГП-91 |
|---|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Обозначение по ГОСТ 17479.4-87 | | | | | |
| | И-Г-С-32 | И-Г-С-46 | И-Г-С-68 | | И-Т-С-100 | И-Т-С-150 |
| Плотность, кг/м ³ , не более | 880(885) | 885 | 890 | 895 | 900 | 900 |
| Вязкость кинематическая при 40 ⁰ С, мм ² /с | 24-30 | 39-50 | 55-65 | 76-85 | 110- 125 | 148- 165 |
| Индекс вязкости, не менее | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Температура, ⁰ С: вспышки в открытом тигле, не ниже застывания, не выше | 180 -15 | 200 -15 | 210 -15 | 215 -15 | 220 -15 | 225 -15 |
| Массовая доля, %: цинка, не менее серы, не более | 0,04 1,0 | 0,04 1,0 | 0,04 1,0 | 0,04 1,0 | 0,04 1,0 | 0,04 1,0 |
| Цвет, ед. ЦНТ, не более | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 5,0 | 5,5 | 6,5 |
| Склонность к пенообразованию: стабильность пены, см ³ , не более при 24 ⁰ С при 94 ⁰ С при 24 ⁰ С после испытания при 94 ⁰ С | 50/5 50/5 50/5 | 50/5 50/5 50/5 | 50/5 50/5 50/5 | 50/5 50/5 50/5 | 50/5 50/5 50/5 | 50/5 50/5 50/5 |
| Коррозионное воздействие на медь | - | - | - | - | - | - |
| Антикоррозионны е свойства: | | | | | | |

Масла для тяжелонагруженных узлов

Ассортимент промышленных масел для тяжелонагруженных узлов трения промышленного оборудования включает масла трех серий с уровнем вязкости от 32 до 680 мм²/с при 40⁰С:

Для подшипников жидкостного трения (ПЖТ) прокатных станков И...ПВ, редукторные И-Т-Д и перспективные универсальные для редукторов, подшипников скольжения и качения, других механизмов прокатных станков и бумагокартоноделательных машин – И-Т-С.

Масла для прокатных станков

Современные прокатные станы оборудованы циркуляционными смазочными системами с трубопроводами большой протяженностью. Из-за различной протяженности и сечений, а также возможного попадания воды в смазочную систему к маслам предъявляются высокие требования по антиокислительным свойствам и деэмульгирующей способности.

На основе химмотологических исследований с испытаниями на прокатных станах в стендовых и промышленных условиях разработана специальная серия легированных масел из четырех марок – И46ПВ, И220ПВ, И320ПВ и И460ПВ, по эксплуатационным свойствам не уступающих лучшим импортным аналогам ведущих фирм: Mobil, Shell, Britich Petroleum. В качестве базовых масел используются глубоочищенные дистиллятные и остаточные масла селективной очистки, в основном из сернистых нефтей с включением присадок, улучшающих защитные, антиокислительные, деэмульгирующие и антипенные свойства.

Масла для зубчатых передач промышленного оборудования (редукторные)

Учитывая условия эксплуатации средне- и тяжелонагруженных зубчатых передач применяют легированные масла серии ИГП, которые позволяют в 2-3 раза сократить расход масла в сравнении с маслами без присадок и снизить износ поверхности трения. С целью унификации ассортимента легированных редукторных масел и взамен масел ИСП, ИСПи, ИТП, ИРп разработаны масла серии И-Т-Д с присадками, улучшающими смазывающие, антиокислительные, антикоррозионные, противоизносные и противозадирные свойства.

Эти масла производятся из сернистых нефтей различной глубины селективной очистки. Масла ИРп-85 и И-Т-Д-150 производятся из базовых масел глубокой селективной очистки. Легированные редукторные масла предназначены для смазывания зубчатых передач и других элементов промышленного оборудования, в которых высокие нагрузки не позволяют применять масла без присадок.

Классификация промышленных масел

Они используются для смазки различных промышленных механизмов. Легкие масла: кинематической вязкости $V_{50} = 3,5-12 \text{ мм}^2/\text{с}$, используются для малонагруженных механизмов с большим оборотом вращения.

И-5А, И-8А, И-12А, где 5,8 и 12 кинематическая вязкость. К значению вязкости предъявляют жесткие требования, текучесть является определяющей. Средние масла: $V_{50} = 15-55 \text{ мм}^2/\text{с}$ (веретенные, машинные).

Используются для смазки редукторов, станков и различных средненагруженных механизмов.

Тяжелые масла: $V_{50} = \text{более } 55 \text{ мм}^2/\text{с}$

Используются для смазки высоконагруженных механизмов.

Принятые классификации промышленных масел основаны на их вязкости и наличии присадок, обеспечивающих необходимый уровень эксплуатационных свойств.

В зависимости от эксплуатационных свойств и состава – наличия функциональных присадок, гидравлические масла делятся на группы: А, Б и В. По вязкостным свойствам гидравлические масла условно делятся на следующие:

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

Группа А и соответствующая 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°C .

Группа Б и соответствующая группа НЛ 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°C .

Группа В и соответствующая 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 свыше 90°C .

Обозначение промышленных масел включает группу знаков, разделенных между собой дефисом. Первая буква "И", вторая прописная буква определяет принадлежность к группе по назначению, третья прописная буква – принадлежность к подгруппе по эксплуатационным свойствам и четвертый знак – цифра – характеризует класс по кинематической вязкости при 40°C .

**Подгруппы индустриальных масел для машин и механизмов
промышленного оборудования по эксплуатационным свойствам**

| Подгруппа | Состав, условия эксплуатации и рекомендуемая область применения |
|-----------|---|
| А | Масла без присадок; по условиям работы оборудования не предъявляются особые требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел |
| В | Масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел |
| С | Масла типа В с противоизносными присадками для оборудования, где имеются антифрикционные сплавы цветных металлов и условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным свойствам масел |
| D | Масла типа С с противозадирными присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным, противоизносным и противозадирным свойствам масел |
| Е | Масла типа D с противоскачковыми присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным, противоизносным, противозадирным и противоскачковым свойствам масел |

В единой системе обозначений индустриальных масел учтено применение их в различном промышленном оборудовании станках, прессах, прокатных и волочильных станах, машинах, оборудовании в которых используются редукторы, подшипниках и других элементах конструкций, гидравлических системах в различных условиях эксплуатации.

Контрольные вопросы

1. Где применяются индустриальные масла общего назначения без присадок?
2. Перечислите подгруппы индустриальных масел для машин и механизмов промышленного оборудования по эксплуатационным свойствам.
3. Опишите характеристики индустриальных масел общего назначения.
4. Классификация индустриальных масел.
5. На какие группы условно делятся гидравлические масла по вязкостным свойствам?

Лекция № 11

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАСЛА

План лекции:

1. Электроизоляционные масла: трансформаторные, конденсаторные, кабельные, компрессорные масла и их ассортимент.
2. Турбинные масла и их ассортимент.

Изоляционные масла различаются по назначению, технологии получения и происхождению. Основными сортами изоляционных масел являются **трансформаторные, конденсаторные и кабельные**. Трансформаторные масла, кроме трансформаторов, используются в масляных выключателях, вводах и других электротехнических устройствах.

По технологии получения различают масла кислотнo-щелочной, кислотнoземельной, селективной (фенольной, фурфурольной и др.), гидрогенизационной и адсорбционной очистки. Кроме того, они подразделяются на продукты, которые не содержат присадок, и в которые добавлены антиокислительные присадки: ингибиторы, деактиваторы, пассиваторы или их смеси.

Изоляционные масла получают как из малосернистых нефтей — бакинских (балаханская масляная, раманинская, бузовнинская, сураханская отборная и др.), эмбенских (доссорская, макатюрская, комсомольская, сагизская и др.), анастасьевской и арчединской, — так и из сернистых нефтей (туймазинская, ромашкинская, мухановская, бавлинская и др.).

Для полной характеристики масло обычно классифицируют по всем указанным признакам, например: трансформаторное масло из сернистых нефтей фенольной очистки, депарафинированное, ингибированное присадкой ионол.

Электроизоляционные масла

Электроизоляционные масла — к ним относятся: трансформаторные, конденсаторные, кабельные, для выключателей.

Основные требования: устойчивость к окислению, низкая электропроводность, высокая электрическая прочность, устойчивость в электрическом поле, хорошие вязкостно-температурные свойства.

Эти масла перед использованием подвергаются глубокой термовакуумной обработке. Концентрация воздуха в масле, должна быть не более 0,1% ($C_{в} \leq 0,1\%$), концентрация воды не более 0,001%. Эти масла изготавливаются из нефтепарафинового основания с низким содержанием серы.

Трансформаторные масла

В трансформаторах масло подвергается воздействию кислорода, высокой температуры, электрического поля в присутствии твердых изоляционных и конструкционных материалов, из которых изготовлен трансформатор. В этих условиях происходит старение масла, сопровождающееся старением твердой изоляции трансформатора, основную массу которой составляют материалы, изготовленные на основе целлюлозы.

Назначение жидкого диэлектрика — обеспечивать электрическую прочность, охлаждать трансформатор и препятствовать проникновению в твердую изоляцию влаги и воздуха. Поэтому масло должно обладать высокой электрической прочностью при длительном воздействии электрического поля относительно невысокой рабочей напряженности, выдерживать импульсные коммутационные перенапряжения и грозовые разряды. Высокая электрическая прочность достигается тщательной осушкой и фильтрацией масла на месте потребления. Значение диэлектрической проницаемости в товарных нефтяных масел колеблется в относительно узких пределах и поэтому не нормируется.

Требование к трансформаторному маслу поглощать газ в коронном разряде выдвинуто электропромышленностью сравнительно недавно и пока не нормируется.

Вязкость является основным показателем, определяющим способность масла отводить тепло. Чем меньше вязкость, тем лучше масло циркулирует и охлаждает трансформатор. Уменьшение вязкости лимитируется температурой вспышки. От вязкости зависит также работоспособность масел в выключателях и в устройствах для переключения трансформаторов под нагрузкой при низких температурах. По ряду данных вязкость масел для выключателей не должна превышать 1200 сСт при -30°C . Как правило, отечественные трансформаторные масла удовлетворяют этому требованию.

В процессе старения масла образуются растворимые и нерастворимые в нем кислородсодержащие соединения, разрушающие твердую изоляцию и корродирующие металлы. Осадок, отлагаясь на обмотках в местах наибольшей напряженности поля, ухудшает условия охлаждения. Поэтому особо важной характеристикой масла является его способность противостоять действию кислорода.

Кабельные масла

Основными требованиями к кабельным маслам являются: высокая электрическая прочность, низкие тангенс угла диэлектрических и проводимость, малая изменяемость этих показателей в процессе эксплуатации, газостойкость в электрическом поле, стабильность к воздействию молекулярного кислорода в присутствии металлов, соответствующая вязкость.

Для силовых кабелей в зависимости от напряжения, конструкции и условий применения используют следующие сорта кабельных масел и компаундов.

1. Для кабелей напряжением до 35 кВ используют компаунд из вязкого масла П-28 (брайтсток) и канифоли.

Масло П-28 вырабатывается из концентрата сураханской отборной нефти кислотнo-контактной очисткой и выпускается по ГОСТ 6480—53 для прокатных станов.

Раствор канифоли в масле (компаунд) должен обладать при температуре 115 — 130°С достаточной текучестью, обеспечивающей пропитку кабеля, а при рабочей температуре — свойством твердого тела, т. е. не перемещаться в кабелях.

2. Для пропитки и заполнения высоковольтных (110 и 220 кВ) кабелей высокого давления в стальных трубах применяются кабельные масла средней вязкости (С-100 и С-220).

Кабельное масло С-100 вырабатывается путем дополнительной очистки синтетическим алюмосиликатным адсорбентом масла МС-20, получаемого из смеси карачухурской и сураханской нефтей. В процессе перколяционной очистки количественно удаляются ароматические углеводороды (до отрицательной формолитовой реакции по Настюкову). Масло С-220 аналогично С-110, но отличается от него пониженной вязкостью.

3. Маловязкое масло МН-2 для маслонеполненных кабелей низкого и среднего давления (1—3 ат). Оно готовится из малосмолистой беспарафиновой доссорской нефти и представляет собой трансформаторное масло, несколько более глубоко очищенное и доочищенное зикеевской землей.

Конденсаторные масла

К конденсаторным маслам предъявляются следующие требования: высокая диэлектрическая проницаемость, низкие и проводимость, газостойкость в электрическом поле и высокая химическая стабильность.

Для пропитки конденсаторов используют конденсаторное масло по ГОСТ 5775—51 и конденсаторный вазелин по ГОСТ 5774—51. Масло получают глубокой кислотнo-щелочно-контактной очисткой веретенного дистиллята доссорской и масляной балаханской нефтей.

Конденсаторный вазелин отличается от обычных (технического, медицинского) высокими электроизоляционными свойствами.

Турбинные масла

Турбинные масла – используются для смазки и охлаждения подшипников паровых и газовых турбин. Т.к. эти масла могут контактировать с водяным паром и водой, а также с продуктами сгорания топлива, то требования следующие:

- стабильность против окисления при температуре 60-100⁰С;
- устойчивость к образованию эмульсий;
- устойчивость к пенообразованию.

Эти масла не выпускают без присадок. ТП-22с - турбинное с пакетом присадок, 22 – значение кинематической вязкости, с повышенной стабильностью к окислению. Доля присадок для стабильности очень значительная.

Компрессорные масла

Компрессорные масла – используют в поршневых и турбокомпрессорах, предназначенных для сжатия воздуха и других газов. Назначение – смазка трущихся поверхностей и уплотнение для предотвращения утечек сжимаемого газа. Эти масла подразделяются на две группы : для агрессивных сред и неагрессивных сред.

Маркировка включает показатель вязкости. К_п-8с К – масло компрессорное, 8- вязкость, с- стабилизированное.К-28. Каждая марка допускает применение в определенном температурном интервале.

Консервационные масла

Консервационные масла предназначены для консервации внутренних поверхностей машин и механизмов, т.е. для защиты металлических поверхностей от атмосферной коррозии. Используются на заводах изготовителях. В эти масла вводят ингибиторы коррозии. В маркировке указан класс вязкости: К-17. Эти масла должны обеспечивать защиту не менее 5 лет.

Гидравлические масла

Гидравлические масла служат несжимаемой жидкостной средой(или рабочей жидкостью) для передачи энергии в гидравлической системе. От одного узла к другому и превращении этой энергии в полезную работу. Вязкость является одной из основной характеристикой.

Обязательные условия: высокая антиокислительная способность, антикоррозионные свойства, устойчивость к пенообразованию. Обозначение масел включает в себя назначение, кинетической вязкости при 40⁰С = 15 мм²/с, буквенные обозначения группы: А, Б, В. МГ-15Б.

Технологические масла

Технологические масла – представляют собой специфическую группу масел, т.к. используются при производстве различных материалов и продукции в качестве сырьевых компонентов и добавок. Кроме того, могут использоваться в качестве абсорбента.

Технологические масла применяют для резинотехнических изделий, для текстильной промышленности (для замасливания хлопка), для производства синтетических волокон, а также используются в качестве классификаторов, в качестве теплоносителей, для производства присадок.

Технологические масла изготавливают из мало- и средневязких дистиллятов. Эти масла подвергаются гидроочистке и после этого используются в качестве стандартных у/в сред, при определении свойств резинотехнических изделий.

АМТ-300 (масло теплоноситель – это ароматизированное масло, его производят из экстракционного раствора, полученного при очистке прямогонной масляной фракции.

Вакуумные масла

Большая доля приходится на минеральные и синтетические масла. Подвергаются глубокой очистке и проходят I-II ступени тонкой вакуумной дистилляции, удаляют воздух и влагу.

Выпускают различных классов вязкости, предназначенных для различных типов вакуумных насосов. К ним предъявляются жесткие требования по антиокислительным и антикоррозионным свойствам, и они должны иметь хорошую вязкостно-температурные характеристики. Индекс вязкости не менее 95.

Контрольные вопросы

1. Как различаются изоляционные масла?
2. Какие масла используются для смазки и охлаждения подшипников паровых и газовых турбин?
3. Опишите назначение вакуумных, технологических, гидравлических, компрессорных и консервационных масел.
4. Основные требования электроизоляционных масел.
5. Основными сортами изоляционных масел являются.....
6. Какие масла различают по технологии получения?

Лекция № 12

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

План лекции:

1. Классификация и обозначение пластичных смазок.
2. Свойства смазок и методы их оценки.
3. Ассортимент, производство пластичных смазок, их применение и взаимозаменяемость.

1. Классификация и обозначение пластичных смазок

Для смазки ряда механизмов и деталей автомобиля используют густые мазеобразные продукты – пластичные смазки. **Пластичной смазкой** называют систему, которая при малых нагрузках проявляет свойства твердого тела; при некоторой критической нагрузке смазка начинает пластично деформироваться (течь подобно жидкости) и после снятия нагрузки вновь приобретает свойства твердого тела. Смазки по своему составу являются сложными веществами. В простейшем случае они состоят из двух компонентов – **масляной основы** (дисперсионная среда) и **твердого загустителя** (дисперсная фаза).

В качестве **масляной основы** смазок используют различные масла нефтяного и синтетического происхождения. Загустителями, образующими твердые частицы дисперсной фазы, могут быть вещества органического и неорганического происхождения (мыла жирных кислот, парафин, силикагель, бетонит, сажа, органические пигменты и т.п.). Размеры частиц дисперсной фазы очень малы – 0,1-10 мкм. Наиболее характерная форма частиц загустителя – мелкие шарики, ленты, пластинки, иголки, сростки кристаллов и др.

Добавки необходимы для улучшения эксплуатационных свойств смазок. К ним относятся:

- **присадки** – малорастворимые ПАВ (тоже, что и в моторных маслах). Не более 5 %;

- **наполнители**, улучшающие антифрикционные и герметизирующие свойства (дисульфид молибдена, графит, слюда и др.). Наполнители составляют 1-20 % массы смазки;

- **модификаторы структуры**, способствующие формированию более прочной и эластичной структуры смазки. Это ПАВ (кислоты, спирты и др.) и составляют 0,1 – 1 % массы смазки.

Для большинства смазок на долю дисперсионной среды – жидкого масла приходится от 70 до 90 % массы смазок. От вязкости дисперсионной среды во многом зависят вязкостные характеристики смазок, например, прокачиваемость смазки при низких температурах. От вязкости дисперсионной среды смазок

зависит в основном сопротивление вращению в таком важном узле трения, как подшипник качения.

Для производства смазок применяют мало- и средневязкие нефтяные масла и редко – синтетические. Смазки, приготовленные на маловязких маслах, можно применять при $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вязкие масла применяют в основном для производства консервационных, а также некоторых сортов; термостойких смазок. В смазки специального назначения (уплотнительные, резьбовые, для рессор и т.п.) применяют наполнители – графит, дисульфид молибдена. Наполнители увеличивают прочность смазки, препятствуют выдавливанию её из узлов трения. В процессе эксплуатации автомобилей наибольшее применение получили мыльные и углеводородные смазки.

Загустителями в мыльных смазках являются мыла. Известны смазки загущенные мылами лития, натрия, кальция, цинка, стронция, бария, алюминия, применяют широко только кальциевое, литиевые, натриевые, бариевые и алюминиевые смазки.

В соответствии с классификацией (ГОСТ 23258-78) смазки разделены на четыре группы: **антифрикционные, консервационные, уплотнительные и канатные.**

Антифрикционные смазки делятся на подгруппы, обозначаемые индексами: С – общего назначения для обычной температуры (до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$); О – для повышенной температуры (до $110\text{ }^{\circ}\text{C}$); М – многоцелевые, работоспособны от -30 до $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$ в условиях повышенной влажности; Ж – термостойкие ($150\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше); Н – морозостойкие (ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$); И – противозадирные и противоизносные; П – приборные; Д – приработочные (содержат дисульфид молибдена); Х – химически стойкие.

Консервационные (защитные) смазки, предназначенные для предотвращения коррозии металлических поверхностей при хранении и эксплуатации механизмов, обозначаются индексом З.

Канатные – индексом К.

Уплотнительные смазки делятся на три группы: арматурные – А, резьбовые – Р, вакуумные – В.

В обозначении еще указывают:

–**тип загустителя** (обозначают первыми двумя буквами входящего в состав мыла металла: Ка – кальциевое. На – натриевое. Ли – литиевое, Ли-Ка – смешанное);

В табл.12.1 представлены виды загустителей для различных смазок.

Марки смазок и виды загустителей

| Смазка | Вид загустителя |
|----------------|--|
| Литол-24 | 12-гидроксистеарат лития |
| Фиол-1, Фиол-3 | 12-гидроксистеарат лития |
| ЛСЦ-15 | 12-гидроксистеарат лития |
| ШРБ-4 | Комплексное бариевое мыло |
| № 158 | Стеараты лития и калия, фталоцианин меди |
| Лита | Стеарат лития, церезин-80 |
| ЦИАТИМ-201 | Стеарат лития |
| ЦИАТИМ-203 | Стеарат лития |
| 1-13 | Натриево-кальциевые мыла касторового масла |
| Солидол-С | Кальциевые мыла СЖК |
| Униол-3м | Комплексное кальциевое мыло |
| ВНИИ НП-242 | Стеарат лития, дисульфид молибдена |

- **рекомендуемый температурный диапазон** применения (указывают дробью – в числителе уменьшенная в 10 раз без знака минус минимальная температура, в знаменателе - уменьшенная в 10 раз максимальная температура применения);
- **дисперсионную среду** (обозначают строчными буквами: у – синтетические углеводороды, к – кремнийорганические жидкости, г – добавка графита, д – добавка дисульфида молибдена.
- **консистенцию** (густоту), которую обозначают условным числом от 0 до 7.

Классификация смазок по консистенции (густоте) разработана Национальным институтом смазочных материалов США (NLGI). Согласно этой классификации смазки делятся на классы в зависимости от уровня пенетрации – чем выше численное значение **пенетрации**, тем мягче смазка. Класс 000, 00 – очень мягкая, аналогична очень вязкому маслу; класс 0, 1 – мягкая; класс 2 – вазелинообразная; класс 3 – почти твердая; класс 4,5 – твердая; класс 6 – очень твердая, мылообразная.

Автомобильный транспорт является одним из основных потребителей пластичных смазок – около 25 % от общего производства.

В качестве примера можно привести классификационное обозначение по ГОСТ 23858-79 товарной литиевой смазки литол-24:

М Ли 4/13-3 – смазка многоцелевая антифрикционная, работоспособна в условиях повышенной влажности (М), загущена литиевым маслом (Ли). Рабочий диапазон температур составляет $-40...+130^{\circ}\text{C}$ (4/13). Отсутствие индекса дисперсионной среды означает, что смазка приготовлена на нефтяном масле. Цифра 3 характеризует консистенцию смазки.

2. Свойства смазок и методы их оценки

К основным характеристикам пластичных смазок относят:

- **предел прочности, вязкость, коллоидная стабильность, температура каплепадения, механическая стабильность, водостойкость и др.**

Прочностные свойства. В процессе эксплуатации автомобилей было установлено, что некоторые пластичные смазки, заложенные в ступицы колес при температуре значительно меньшей температуры их каплепадения, стекали с сепараторов конических подшипников, что приводило к быстрому перегреву и разрушению подшипников. В ряде случаев это было причиной серьезных аварий.

Для выяснения причины этого явления были изготовлены специальные стенды, имитирующие работу смазки в ступице колеса.

Нагрузочные механизмы обеспечивали радиальные и осевые нагрузки, электрический привод вращал ступицу с необходимой частотой, а термомпары измеряли температуру во внутренней ее полости в зоне подшипников. В результате лабораторных исследований выяснилось, что температура каплепадения не может быть однозначным критерием при подборе смазки подшипников ступиц колес. Решающим фактором здесь оказался **предел прочности сдвига смазки**. Стало очевидным, что **под действием центробежных сил смазка сбрасывается с сепаратора подшипника** при температурах на 100 - 120 °С ниже, чем температура их каплепадения. Были разработаны и стандартизованы специальные приборы, точно определяющие предел прочности сдвига смазок при данной температуре.

Исследованиями установлено, что для предотвращения сброса смазок с сепараторов подшипников предел прочности сдвига должен быть не менее 180—200 Па при температуре 50 °С, и предел прочности сдвига был введен как важнейший показатель качества смазок в государственные стандарты.

Пределом прочности смазки называют то минимальное удельное напряжение, при котором происходит разрушение каркаса смазки в результате сдвига одного её слоя относительно другого. Этот показатель характеризует способность смазок удерживаться в узлах трения, противостоять сбросу с движущихся деталей под влиянием инерционных сил и удерживаться на наклонных и вертикальных поверхностях, не стекая и не сползая. Когда напряжение сдвига превышает предел прочности, смазки начинают течь.

Для обычных рабочих температур предел прочности не должен превышать 300-500 Па ($1\text{кг/мм}^2 = 10 \cdot 10^6 \text{ Па} = 10^7 \text{ Н/м}^2$), при 20 °С он составляет 1300-1500 Па, а минимальное значение в рабочей зоне с наибольшей температурой должно быть не ниже 100-200 Па.

Вязкость. Вязкость пластичных смазок принципиально отличается от понятия вязкости жидкостей. Пластичные смазки обладают структурной вязкостью, которая имеет совершенно иную природу. Особенностью структурной вязкости является ее зависимость не только от температуры, но и от градиента скорости сдвига отдельных слоев или частичек относительно друг друга. Причем, чем больше эта скорость, тем меньше вязкость смазки. Известно, что вязкость любой жидкости зависит от внутреннего трения ее слоев при течении, т. е. при взаимном перемещении этих слоев. При очень тонких слоях (когда их толщина становится соизмеримой с размерами молекул жидкости) можно говорить о вязкости, как о внутримолекулярном трении.

Теплостойкость. Установлено, что пластичные смазочные материалы с повышением температуры постепенно размягчаются и теряют свои упругие свойства, но происходит этот процесс постепенно. Поэтому они не имеют определенной температуры плавления. Теплостойкость их определяют по температуре каплепадения, т. е. по той минимальной температуре, при которой под действием силы тяжести образуется первая капля, вытекающая из специального прибора (рис. 12.1). Многолетними наблюдениями установлено, что температура смазываемого узла трения должна быть обязательно на 20—25 °С ниже температуры ее каплепадения. Например, температура каплепадения смазки, применяемой для подшипников насоса системы охлаждения, должна быть не ниже 125—135 °С, так как температура охлаждающей жидкости (антифриза) может в некоторых случаях достигать 110-120 °С.

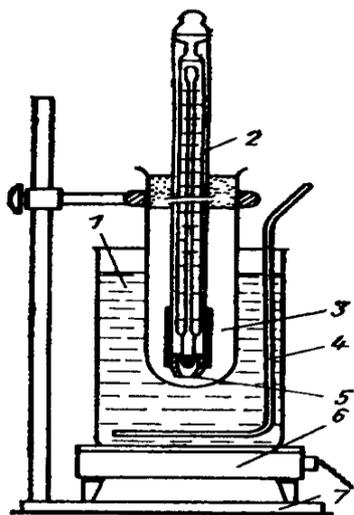


Рис. 12.1 Прибор для определения температуры каплепадения:

1 - водяная баня; 2 - специальный термометр с капсулой; 3 - стеклянная пробирка (воздушная баня); 4 - мешалка; 5 - капсула с исследуемым материалом; 6 - электроподогрев; 7 - штатив

Температура подшипников ступиц колес автомобиля, как показали специальные исследования, может достигать 120—150 °С. Поэтому подшипники ступиц колес нельзя смазывать солидолом, температура каплепадения которого обычно не более 75—80 °С. **Теплостойкость зависит от загустителя.** Если в качестве загустителя применен церезин или парафин, то смазки относятся к группе низкоплавких (технический вазелин), его

температура каплепадения обычно не превышает 55—60 °С, и применяют их чаще для консервации и предохранения от коррозии (отсюда название «консервационный»). Самыми распространенными являются солидолы, относящиеся к среднеплавким смазкам. Их температура каплепадения 65—100 °С, в качестве загустителя используют кальциевое мыло. Солидолами смазывают узлы трения подвески, шарниры рулевого управления и другие подвижные сочленения, температура которых не поднимается выше 30-40 °С.

Для **подшипников ступиц колес, насосов** систем охлаждения и других узлов, где температура может достигнуть 100—150 °С, применяют только **тугоплавкие смазки**. Их готовят, используя литиевые или натриевые мыла.

Механическая стабильность – важный эксплуатационный показатель, характеризующий способность смазок: **противостоять разрушению**. Смазки с плохой механической стабильностью быстро разрушаются, разжижаются и вытекают из узлов трения. Однако механически нестабильные смазки можно применять в герметизированных узлах трения. Для определения механической стабильности смазок применяют прибор – тиксометр: на нем измеряют предел прочности до и после разрушения смазки.

Химическая стабильность и противокоррозионные свойства – это стойкость смазки против окисления кислородом воздуха. Пенетрация (проникновение) – характеризует консистенцию (густоту) смазки по глубине погружения в неё конуса стандартных размеров и массы. Пенетрация измеряется при различных температурах и численно равна количеству миллиметров погружения конуса, умноженному на 10.

Химическая стабильность. Под химической стабильностью понимают способность отдельных компонентов и смазки в целом **сопротивляться окислительным процессам**. Химическая стабильность пластичных смазок, так же как и жидких, зависит от окислительных процессов, но в данном случае ее закономерности носят более сложный характер. Химическая стабильность связана не только с химической стабильностью базового масла (хотя это очень важно), но и с химической стабильностью загустителя и его взаимодействием с базовым маслом.

Коллоидная стабильность. Под коллоидной стабильностью пластичных смазок понимают свойство не выделять жидкое масло (основы) в течение длительного времени.

Для современных пластичных смазок коллоидная стабильность стала важнейшим показателем их качества, поскольку все больше появляется узлов и механизмов, в которые закладывается смазка в процессе сборки узлов на весь срок их эксплуатации. К ним относятся шаровые шарниры, подшипники качения ступиц колес, электрических генераторов, опорные подшипники первичного

валика коробки передач (устанавливаемые в маховики двигателя). В наиболее современных конструкциях они смазываются только при их сборке на заводе. Это требует очень высокой коллоидной стабильности применяемых смазок, которые не должны расслаиваться в течение нескольких лет.

Консервационные (защитные) свойства определяют способность смазки предохранять металлические поверхности от коррозионного воздействия внешней среды. В качестве консервационных непригодны водорастворимые смазки. Смазки предотвращают коррозию металлов в условиях 100 %-ой относительной влажности в слоях толщиной порядка сотых долей миллиметра.

Консистентность (густота). Для определения консистентности смазок используют пенетрометр. Консистентность выражается числом пенетрации, которое представляет собой глубину проникновения иглы пенетрометра в смазку, выраженное в десятых долях миллиметра, под действием силы 1,5 Н в течение 5 с. Число пенетрации всегда указывают при температуре 25 °С; оно обратно пропорционально консистенции. Чем мягче смазка, тем больше число пенетрации.

3. Ассортимент, производство пластичных смазок, их применение и взаимозаменяемость

Смазки по своему составу являются сложными веществами. В простейшем случае они состоят из **двух компонентов** — масляной основы (дисперсионная среда) и твердого загустителя (дисперсная фаза). Сочетая в себе свойства твердого тела и жидкости, пластичные смазки в качестве грубой модели могут быть представлены, например, как кусок ваты, пропитанной маслом. Волокна ваты соответствуют частицам дисперсной фазы, а масло, удерживаемое в вате, — дисперсионной среде смазки.

Принцип приготовления смазок состоит в образовании структурного каркаса, включающего в свои ячейки дисперсионную среду (базовое масло). Для большинства смазок этот процесс состоит из нескольких стадий: дозировка сырья, приготовление загустителя, смешение загустителя с маслом (варка смазки), охлаждение смазки, гомогенизация, деаэрация, расфасовка.

Установки, в которых **варят смазки**, могут быть периодического или непрерывного действия. Чаще всего - это варочные аппараты (котлы), оборудованные мешалкой и паровой рубашкой (для создания определенного температурного режима). Их оснащают также быстро открывающимися люками, арматурой, термоизмерительной и другой контрольно-измерительной аппаратурой (рис. 12.2). В большинстве случаев в варочных

котлах омыливаются жиры или жирные кислоты и диспергируются мыла, образующиеся в минеральном масле. В зависимости от применяемой аппаратуры производство смазок под давлением (используют герметичные автоклавы, в которых обычно готовится мыльная основа смазки) подразделяется на одноступенчатый, двухступенчатый и трехступенчатый процессы. При одноступенчатом способе все стадии приготовления смазки (дозировка, диспергирование мыла и охлаждение) осуществляются в одном котле.

При температуре 100 °С варят кальциевые смазки, при 150 °С - алюминиевые, при 200-210 °С - натриевые и литиевые, при 100-120 °С — углеводородные. Охлаждение смазки ведут или с резким перепадом температур, или медленно в варочных котлах либо в специальных аппаратах, так как от режима охлаждения зависят структура мыльного каркаса и качество смазки.

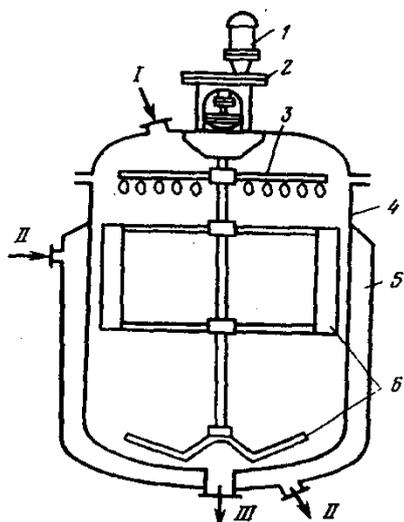


Рис.12.2 Варочный аппарат (котел):

- 1 – электродвигатель; 2 – редуктор;
- 3 – пеногасительная лопасть;
- 4 – котел; 5 – паровая рубашка;
- 6 – рамная мешалка;
- I – сырье; II – теплоноситель;
- III – готовый продукт

В процессе эксплуатации автомобилей наибольшее применение получили мыльные и углеводородные смазки. Основное назначение смазок такое же, как и масел, — уменьшение износа деталей, снижение коэффициента трения и защита металлов от коррозии. Их применяют в основном для смазывания таких узлов трения, из которых жидкие смазочные материалы — масла вытекают или которые подвергаются сильному воздействию грязи, пыли и работают в условиях влажной среды (соединения ходовой части, тяги рулевого управления, а также отдельные узлы двигателя и трансмиссии).

Пластичные (консистентные) смазки – особый класс смазочных материалов, получаемых загущением смазочных масел (дисперсионная среда) твердыми веществами (дисперсионная фаза).

Дисперсионная среда (масло) и дисперсионная фаза (загуститель) определяют основные эксплуатационные свойства смазок. На долю

дисперсионной среды приходится 75-95 % объема смазки, а дисперсионная фаза составляет 5-25 %.

Пластичные смазки по назначению подразделяют на четыре группы:

- **антифрикционные** (индексы С, О, М, Ж, Н, И, Х, П, Т, У, Б);
- **консервационные** (З);
- **уплотнительные** (А, Р, В);
- **канатные** (К).

В зависимости от сферы применения различают смазки общего назначения, многоцелевые и специализированные, а по работоспособности в различных климатических условиях – **морозоустойчивые, термостойкие и для умеренной климатической зоны** (табл. 12.2).

Таблица 12.2

Характеристики некоторых пластичных смазок

| Товарное наименование | Температура каплепадения, °С | Предел прочности при +20 °С, Па | Вязкость при 0 °С, и скорости деформации 10 с ⁻¹ , Па.с | Коллоидная стабильность, % |
|---|------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------|
| Антифрикционные смазки общего назначения | | | | |
| Солидол С | 85-105 | 200-500 | 190 | 1-5 |
| Пресс-солидол | 85-95 | 100-400 | 90 | 2-10 |
| Солидол Ж | 78 | 196 | 250 | - |
| Графитная | 77 | 100 | 100 | 5 |
| 1.13 | 120 | 500-1000 | 500 | 20 |
| Консталин | 130 | 150-300 | 250-500 | 8-20 |
| Смазки многоцелевые | | | | |
| Литол – 24 | 185 | 500-1000 | 280 | 12 |
| Фиол-1 | 185 | 250 | 200 | 25 |
| Фиол-2 | 188 | 300 | 250 | 16 |
| Фиол-2М | 180 | 300 | 250 | 15 |
| Алюмол | 230 | 500-1000 | 250 | 12 |
| Фиол-3 | 200 | 300 | 250 | 16 |
| Смазки термостойкие | | | | |
| ЦИАТИМ-221 | 200 | 250-450 | 80-200 | 7 |
| ВНИИ НП-207 | 250 | 250-500 | 180-200 | 7 |
| ВНИИ-НП-246 | - | 80-240 (80 С) | 500 (40 °С) | 10 |
| Униол-1 | 200 | 200-500 | 160 | 10 |
| Графитол | 250 | 350-700 | 300-600 | 8 |
| ПФМС-4с | - | 100-200 | 200-250 | 1,6 |
| Силикол | 250 | 700-1000 | 550 | 9 |
| Лимол | 240 | 250 | 250 | 3 |
| Смазки низкотемпературные | | | | |
| ЦИАТИМ-201 | 175 | 250-500 | 1100 (50 °С) | 26 |

| | | | | |
|-----------------------------------|-------|-----------------|--------------|-------|
| ЦИАТИМ-203 | 160 | 250 | 1000 (30 °С) | 10 |
| Лита | 170 | 550-750 | 1000 (30 °С) | 20 |
| Зимол | 190 | 300-1000 | 2000 (50 °С) | 20 |
| ГОИ-54п | 61 | 150 | 1200 (50 °С) | 6 |
| Консервационные (защитные смазки) | | | | |
| Пушечная | 60 | - | - | 1-4 |
| ВТВ-1 | 54 | 1000 | 100-150 | 4,5 |
| Смазки канатные | | | | |
| Канатная 39у | 65-75 | - | 2000 | - |
| Торсиол-35Б | 65-80 | - | 800-1400 | 3 |
| Торсиол-55 | 63-78 | - | 200-260 | - |
| Уплотнительные смазки | | | | |
| Бензоупорная | 35 | 2500 | - | 1,2 |
| Замазка 3ЗК-3у | 115 | 2000 | - | - |
| Смазки автомобильные | | | | |
| АМ-карданная | 115 | 500-700 | 300-600 | 10-15 |
| ЛСЦ-15 (белая) | 185 | 500 | 280 | 15 |
| ШРБ-4 | 230 | 200 | 80-160 | 10 |
| ШРУС-4 | 190 | 300-700 | 250 | 16 |
| Фиол-2у | 180 | 300 | 170 | 12 |
| № 158 (синяя) | 132 | 150-500 | 400 | 23 |
| МЗ-10 | 70 | 210 | 70-220 | 8 |
| ЛЗ-31 | 188 | 500-620 | 280 | 12 |
| Автомобильная | 150 | 180 (при 50 °С) | 200 | - |

Кроме выше перечисленных широко применяются следующие виды пластичных смазок:

- **морозостойкие**; работоспособны при температурах ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, обычно до $-50\text{...}-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ЦИАТИМ-221);

- **противозадирные**; для узлов трения с особо высокими и ударными нагрузками; подшипники качения в буксах железнодорожных вагонов, промышленное и металлургическое оборудование (ЛС-1П, промышленная ИП-1-Л, Униол-1, Фиол-2М);

- **химически и радиационно-стойкие**; химическая промышленность и ракетостроение (СК-2-06, ЦИАТИМ-205, ВНИИ НП-273, ВНИИ НП-275);

- **приборные**; скоростные подшипники, микроподшипники электрических пишущих машинок, аэрокосмические приборы, медицинское оборудование, оптические приборы, гироскопы, контакты переключателей;

- **индустриальные**; для металлургической, текстильной, бумажной, пищевой промышленности (Аэрол, Промышленная ИП-1-Л, ИП-1-З, ЛС-1П);

- **авиационные**; шарнирно-болтовые соединения стоек шасси самолетов, подшипники системы управления, аэрофотоаппаратура, редукторы привода механизма управления крыла (ВНИИ НП-254, ВНИИ НП-261);

- **железнодорожные**; буксы подвижного состава, подшипники тяговых двигателей (ЖТКЗ-65, ЖРО, ЛЗ-ЦНИИ);

- **брикетные**; плотной консистенции в виде брусков для смазки открытых шеек валов (ЖД);

- **полужидкие**; применяются в системах смазки механизмов (например, мощных редукторов) полиграфического, текстильного, пищевого, деревообрабатывающего и иного оборудования (ЦИАТИМ-208, Шахтол, Трансол-200А);

- **для открытых зубчатых передач**; канатные, цепные передачи, направляющие, движители шагающих экскаваторов (ОЗП-1);

- **арматурные**; герметизация сальниковых уплотнений насосов, кранов, вентилях, дозаторов, смазка резьбы шпинделей этих механизмов (работоспособны до 200-250 °С);

- **резьбовые**; в резьбах бурового инструмента, для облегчения демонтажа резьбовых пар ракетных, авиационных двигателей, паровых турбин (ВНИИ НП-300, Р-2, Р-113, ВНИИ НП-232).

Контрольные вопросы

1. Консистентные (пластичные смазки). Основные понятия и состав смазок. Влияние природы загустителя, химического состава и свойств жидкой фазы на структурообразование смазки.
2. Тонкая и грубая структура смазок. Форма и размер частиц твердой фазы.
3. Пластичные смазки. Их состав и основные отличия от жидких масел.
4. Влияние твердой и жидкой фаз на формирование свойств смазок.
5. Консистентные смазки.
6. Влияние высокой степени структурирования твердой фазы, ее природы, размера и формы частиц на эксплуатационные свойства пластичных смазок.
7. Дисперсная и дисперсионная фазы, наполнители и присадки. Обратимость процессов разрушения и восстановления структурного каркаса смазок.
8. Классификация пластичных смазок по назначению, типу загустителя, условиям применения.
9. Обоснуйте необходимость применения пластичных смазок, исходя из условий работы узла трения и свойств пластичных смазок.

Лекция № 13

СМАЗОЧНЫЕ - ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

План лекции:

1. Классификация охлаждающих жидкостей и предъявляемые к ним требования.
2. Тормозные жидкости
3. Антифризы и их виды.
4. Жидкости для гидравлических систем и амортизаторов.
5. Пусковые жидкости и жидкости, предотвращающие появления налёта в машинах и двигателях.

1. Классификация охлаждающих жидкостей и предъявляемые к ним требования

Основные виды охлаждающих жидкостей

Технические жидкости применяются для различных целей: охлаждения двигателей, торможения и амортизации автомобилей, приведения в действие механизмов, силовых агрегатов и т.п. Требования к качеству жидкостей настолько жестки, многообразны и специфичны, что для приготовления их используют многочисленные химические соединения: гликоли, углеводороды, спирты, глицерин и др.

В зависимости от назначения и свойств жидкости подразделяются на: охлаждающие, для тормозных и гидравлических систем автомобилей, амортизационные и пусковые.

Назначение **охлаждающих жидкостей** - воспринимать и отводить тепловой поток от тех зон и деталей двигателя, перегрев которых вызывает нарушение нормальной работы или разрушение. Основной тепловой поток образуется теплотой, которая, согласно второму закону термодинамики, не может быть преобразована в механическую работу. Это та самая теплота, которая должна быть передана холодному источнику. Количество ее зависит от разности температур горячего и холодного источника при заданной массе и теплоемкости рабочего тела. Если бы удалось осуществить адиабатный (без обмена тепла) рабочий цикл, то такой двигатель мог бы работать без системы охлаждения: количество теплоты, которое должно быть отдано холодному источнику, удалялось бы из двигателя с отработавшими газами.

В настоящее время делаются попытки создать такой двигатель, рабочий цикл которого максимально приблизился бы к адиабатическому циклу. К сожалению, в реальном двигателе часть теплоты, которая должна была бы при адиабатическом цикле превратиться в полезную работу, в процессе

расширения рабочего тела отводится через стенки цилиндров, днища поршней, когда газ полностью не расширился, определенная часть теплоты отработавших газов уходит в систему охлаждения после их выхода из цилиндра. Отвод теплоты происходит через стенки выпускных каналов, находящихся в головке цилиндра и тоже омываемых охлаждающей жидкостью.

Наиболее точно определить количество теплоты, отводимое системой охлаждения, можно только экспериментальным путем, при оценке теплового баланса двигателя. Структура теплового баланса современных двигателей внутреннего сгорания показывает, что **система охлаждения** должна воспринять и рассеять в пространстве примерно 1/3 тепловой энергии сгоревшего топлива. Это очень большой поток теплоты, соизмеримый с потоком, уносимым отработавшими газами, и с теплотой, превращенной в полезную работу. Распределение теплоты в двигателе зависит как от его типа (бензиновый или дизель), так и от режима работы.

Моторные масла и топливо тоже можно отнести к категории охлаждающих жидкостей, поскольку кроме прямых своих функций они способствуют охлаждению узлов и механизмов двигателя, а в ряде случаев их используют только для охлаждения поршней и других деталей.

Топливо. Являясь источником тепловой энергии в процессе сгорания, топливо до сгорания, благодаря теплоемкости и скрытой теплоте испарения в определенных условиях, может играть существенную роль в понижении тепловой напряженности двигателя. Эта особенность жидких топлив была замечена еще на самых ранних этапах развития двигателестроения и в ряде случаев широко использовалась для охлаждения теплонапряженных деталей и двигателя в целом. Особенно широко этой способностью топлив пользовались для понижения теплового режима высокофорсированных двигателей спортивных автомобилей и мотоциклов.

В карбюраторных двигателях малой и средней степени форсирования (18—40 кВт/л) охлаждающую способность топлива обычно **не используют**; наоборот, для интенсивного и полного его испарения впускной трубопровод имеет систему подогрева (жидкостную или газовую), которая компенсирует понижение температуры во впускной трубе двигателя подводом теплоты.

Особенно эффективно действуют как охлаждающие жидкости такие топлива, как **этиловый (C_2H_5OH) и метиловый (CH_3OH) спирты**, обладающие высокой скрытой теплотой парообразования. Это свойство спиртов широко используют для снижения тепловой напряженности спортивных, автомобильных и мотоциклетных двигателей.

Масло. Моторное масло в двигателе можно использовать как смазывающий и охлаждающий материал. Причем маслом охлаждаются наиболее теплонапряженные детали двигателя и, в первую очередь, поршни, система масляного охлаждения которых может быть выполнена различно.

Эксплуатационные требования к качеству охлаждающих жидкостей

Эффективное действие систем **жидкостного охлаждения** во многом определяется физическими и химическими свойствами охлаждающей жидкости. Процесс отвода теплоты от двигателя и передача его в окружающую среду зависят от теплоемкости и теплопроводности жидкости: чем выше показатели, тем лучше охлаждается двигатель. С увеличением теплоемкости увеличивается количество теплоты, которую жидкость способна воспринять при заданном повышении температуры, а с увеличением ее теплопроводности теплота отводится быстрее.

Таким образом, с увеличением теплоемкости можно уменьшить количество жидкости, циркулирующей в системе, а с увеличением теплопроводности — уменьшить скорость ее циркуляции и получить более равномерную ее температуру.

В **жидкостных системах** охлаждения современных двигателей внутреннего сгорания применяют два типа охлаждающих жидкостей - **воду и низкотемпературные жидкости (антифризы)**. Являясь промежуточным звеном в цепи передачи теплоты, охлаждающая жидкость должна удовлетворять ряду определенных требований, несоблюдение которых может вызвать серьезные нарушения в работе системы и всего двигателя в целом. Для этого они должны обладать возможно большей теплоемкостью и теплопроводностью; оптимальной вязкостью (1 мм²/с); температурой замерзания не выше -60 °С; температурой кипения не ниже 120 °С; высокой физической стабильностью.

В то же время охлаждающие жидкости:

- не должны разрушать металлы, из которых изготовлены блок и головка цилиндров, радиатор, отопитель, предпусковой подогреватель, резиновые шланги, и другие материалы, с которыми она соприкасается;

- не должны образовывать накипь и другие отложения на внутренних поверхностях системы;

- должны быть нетоксичными и пожаробезопасными.

Стоимость их изготовления и сырья должна быть минимальной.

Охлаждающая жидкость должна обладать оптимальной вязкостью. Это требование вызвано тем, что при слишком высокой вязкости жидкости ее циркуляция в системе, как принудительная, так и термосифонная, затруднена, и затраты мощности на привод насоса велики. Вместе с тем при

очень малой вязкости устранить подтекание и потери жидкости через уплотнения насоса на стыках патрубков и шлангов значительно труднее. Многолетний опыт показал, что кинематическая вязкость жидкости должна быть близка к вязкости воды, т. е. 0,9—1,1 мм²/с при 20 °С.

Очень неудобно, особенно зимой, если охлаждающая жидкость имеет высокую **температуру замерзания**, как, например, вода. В этих случаях при длительных перерывах в работе двигателя воду приходится сливать или содержать автомобили в теплых гаражах. Поэтому желательно, чтобы температура замерзания охлаждающей жидкости была бы возможно ниже (например, не более -60 °С). Вместе с тем для двигателей, работающих летом или в районах с жарким климатом, а также для судовых двигателей это требование необязательно.

Температура кипения охлаждающей жидкости должна быть во всех случаях достаточно высокой (100-120 °С), т. е. на 30-40° выше допустимой рабочей. Совершенно недопустима нестабильность охлаждающей жидкости. Особенно надо следить за качеством воды, за содержанием в ней солей, вызывающих накипь. Образование накипи приводит к снижению теплопередачи и, как следствие, к перегреву двигателя. Поэтому вода, предназначенная для применения ее в качестве охлаждающей жидкости, должна иметь минимальную жесткость. Лучше всего применять дистиллированную, дождевую или снеговую воду.

Самой простой и в то же время доступной охлаждающей жидкостью, достаточно полно удовлетворяющей основным требованиям, является вода. Ее применяли в самых ранних конструкциях двигателей, широко применяют для двигателей с жидкостным охлаждением и для крупных двигателей, таких, как тепловозные и судовые; вода является пока наиболее целесообразной охлаждающей жидкостью.

В процессе работы двигателей внутреннего сгорания детали нагреваются, что снижает их механическую прочность. Чтобы поддерживать нормальное тепловое состояние двигателя, многие узлы (камера сгорания, клапаны, цилиндры двигателей, поршни и др.) необходимо охлаждать. В процессе работы двигателя нужно отводить избыток тепла от чрезмерно нагреваемых деталей, так чтобы их температура не превышала максимально допустимых значений. Очень большой отвод тепла нежелателен, так как при этом ухудшается испарение топлива, что нарушает процесс сгорания, увеличиваются потери энергии на преодоление трения смазочных материалов, появляются другие нежелательные явления.

Следовательно, перегрев и переохлаждение деталей двигателя вредны, т. е. нужно поддерживать оптимальную рабочую температуру.

Существует два вида охлаждения: воздушное и жидкостное. В первом случае тепло от сильно нагретых деталей двигателя отводится непосредственно в атмосферу, во втором — тепло сначала передается охлаждающей жидкости, омывающей нагретые детали, а от нее отдается в окружающий воздух. В автомобилях распространены двигатели с жидкостным охлаждением.

При жидкостном охлаждении головка блока и стенки цилиндров двигателя окружены рубашкой, которая заполнена циркулирующей жидкостью. Эта жидкость омывает чугунные, стальные, алюминиевые, латунные детали и уплотнения.

Циркуляция охлаждающей жидкости осуществляется с помощью насоса-помпы. Жидкость, перемещаясь внутри рубашки, отбирает тепло от стенок цилиндров и головки блока, нагревается и поступает в радиатор, часть тепла передается в окружающую атмосферу, а жидкость охлаждается и снова поступает в головку двигателя. В процессе работы температура охлаждающей жидкости повышается до 85-100 °С, а иногда и до 110 °С.

2.Тормозные жидкости

Тормозные жидкости служат для передачи энергии к исполнительным механизмам в гидроприводе тормозной системы автомобилей.

Тормозные жидкости должны иметь:

- хорошие вязкостно-температурные свойства (способность держать холод);
- высокую температуру кипения при поглощении влаги;
- хорошие смазывающие свойства;
- совместимость с резиновыми уплотнительными манжетами;
- высокую стабильность при хранении.

Важнейшие эксплуатационные свойства тормозных жидкостей: вязкостно-температурные свойства (температура кипения свежей жидкости, увлажненной жидкости и вязкость), гигроскопичность, совместимость, агрессивность к резиновым уплотнениям и др. В диапазоне температур от -40 °С до +100 °С вязкость тормозной жидкости должна оставаться по возможности постоянной.

Основные характеристики любой тормозной жидкости (ТЖ) зависят от сочетания ее компонентов.

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. Внезапное закипание ТЖ коварно тем, что водитель не может предугадать этот момент.

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.

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).

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

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

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

Гигроскопичность — склонность тормозных жидкостей на полигликолевой основе поглощать воду из атмосферы. В эксплуатации — в основном через компенсационное отверстие в крышке бачка.

Чем больше воды растворено в ТЖ, тем раньше она закипает, сильнее густеет при низких температурах, хуже смазывает детали, а металлы в ней корродируют быстрее.

В России нет единого государственного или отраслевого стандарта, регламентирующего показатели качества тормозных жидкостей. Отечественные изготовители работают по собственным техническим условиям, ориентируясь на нормы, принятые в США и странах Западной Европы (стандарты J1703, ISO (DIN) 4925 и FM VSS №116). Жидкости классифицируют по температуре кипения и вязкости.

Какую ТЖ нужно применять в автомобиле, решает его изготовитель. Как правило, жидкости класса DOT 3 предназначены для относительно тихоходных машин со всеми барабанными тормозами или дисковыми спереди. ТЖ с улучшенными эксплуатационными характеристиками, соответствующие требованиям DOT 4, рассчитаны на современные автомобили с повышенными динамическими качествами. Такие машины допускают частые резкие разгоны и интенсивные замедления, и у них преимущественно дисковые тормоза на всех колесах. Жидкости класса DOT 5 применяют редко, в основном на дорожных спортивных автомобилях. Тепловые нагрузки на ТЖ у них соизмеримы с возникающими в гидросистемах специальных гоночных машин.

Жидкости "БСК" и "Нева" (марок А и Б) не отвечают современным требованиям по температурам кипения, а "БСК" — еще и по низкотемпературным свойствам. Она замерзает уже при минус 20 °С. Особенности эксплуатации тормозных жидкостей

Тормозные жидкости нужно периодически заменять, не дожидаясь когда ее состояние приблизится к опасному пределу. Срок службы жидкости назначает автозавод, проверив ее характеристики применительно к особенностям гидросистем своих машин.

Проверка состояния жидкости. Объективно определить основные параметры ТЖ можно только в лаборатории. В эксплуатации — лишь косвенно и не все.

Самостоятельно жидкость проверяют визуально — по внешнему виду. Она должна быть прозрачной, однородной, без осадка. Кроме того, в

автосервисах (преимущественно крупных, хорошо оснащенных, обслуживающих иномарки) специальными индикаторами оценивают ее температуру кипения. Поскольку жидкость в системе не циркулирует, в бачке (место проверки) и в колесных цилиндрах ее свойства могут быть разными. В бачке она контактирует с атмосферой, набирая влагу, а в тормозных механизмах — нет. Зато там жидкость часто и сильно нагревается, и ее стабильность ухудшается.

Совместимость. ТЖ с разными основами несовместимы друг с другом, они расслаиваются, иногда появляется осадок. Параметры этой смеси будут ниже, чем у любой из исходных жидкостей, причем влияние ее на резиновые детали непредсказуемо.

Для дополнительной проверки можно смешать жидкости в пропорции 1:1 в стеклянной емкости. Если смесь прозрачна и осадка нет, ТЖ совместимы.

Замена. Добавление свежей жидкости при прокачке системы после ремонта не восстанавливает свойства ТЖ, поскольку почти половина ее практически не меняется. Поэтому в сроки, установленные автозаводом, жидкость в гидросистеме нужно заменять полностью. Последовательность и особенности этой операции, например прокачка с работающим двигателем, зависят от конструкции системы (типа усилителя, антиблокировочных устройств и т.п.) и известны специалистам сервисных станций.

Технические требования к тормозным жидкостям иностранного производства определяются нормативными документами (стандарты SAE J 1703, FMVSS 116, ISO 4925).

Эксплуатационные свойства тормозных жидкостей определяются составом основных компонентов, входящих в них. В зависимости от основы тормозные жидкости делятся на: минеральные, гликолевые и силиконовые.

Минеральные (ISO 7308) тормозные жидкости представляют собой смеси касторового масла и спирта. Смесь на основе бутилового спирта образует тормозную жидкость БСК, а смесь на основе этилового спирта — ЭСК. Они не адсорбируют влагу.

Гликолевые тормозные жидкости изготавливаются на основе различных соединений гликолей. Эти жидкости соответствуют требованиям международного стандарта **DOT**

Силиконовые тормозные жидкости (SAE J 1703) не адсорбируют влагу и, накопленная в тормозной жидкости влага, в свободном состоянии при нагревании более 100 °С выпаривается, а при охлаждении ниже 0 °С замерзает.

3. Низкозамерзающие охлаждающие жидкости

В зимний период эксплуатации для автомобилей применяют низкозамерзающие жидкости (антифризы). Основной нормативный документ, оговаривающий требования к автомобильным охлаждающим жидкостям, датирован 1952 годом. По ГОСТу 159-52 выпускались и продолжают выпускаться антифризы (от англ. antifreeze – «препятствующий» замерзанию) марок 40 и 65.

В последнее время все чаще отказываются от применения воды для охлаждения автомобильных двигателей, применяя специальные жидкости, замерзающие при низкой температуре, — **антифризы**. Раньше их применяли только зимой, а теперь с разработкой герметичных систем охлаждения антифризы применяют в любое время года как несменяемые жидкости, заливаемые на заводе-изготовителе в систему охлаждения автомобиля на весь срок его эксплуатации (до капитального ремонта). Важное значение имеет стоимость сырья и изготовления жидкости, ее доступность и простота транспортировки и хранения. Особенно перспективны эти жидкости для применения в системах охлаждения, предусматривающих заполнение их на длительный или на весь срок эксплуатации автомобиля.

Как известно, при сгорании топливно-воздушной смеси температура газов в цилиндрах двигателя моментально поднимается до 1600-2200 °С, далее температура отработанных газов на выходе из цилиндра понижается примерно до 800°С. Для того чтобы сохранить работоспособность деталей двигателя, их необходимо охлаждать. В свою очередь для обеспечения стабильности работы, уменьшения износа, достижения максимальной топливной экономичности, улучшения экологических параметров и получения максимальной отдачи мощности необходимо поддерживать в двигателе постоянную рабочую температуру. Поэтому системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания обеспечивают не только охлаждение, но и поддерживают рабочую температуру двигателя на необходимом уровне, независимо от температуры окружающей среды.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили охлаждающие жидкости на основе гликолей ($C_nH_{2n}(OH)_2$) или многоатомного спирта – **этиленгликоля**. Большинство иностранных производителей высококачественных охлаждающих жидкостей производят антифриз в виде концентрата – этиленгликоля с пакетом высокоэффективных присадок.

Состав концентрата примерно следующий: - 95% этиленгликоль; - 3% вода; - 2% пакет активных присадок.

Для получения охлаждающей жидкости с необходимыми характеристиками (температурой застывания) необходимо смешать концентрат антифриза с водой. Использовать концентрат антифриза в качестве охлаждающей жидкости без смешивания с водой нежелательно, так как теплоемкость его гораздо ниже, чем у воды, а температура застывания около -25°C . Применение в качестве охлаждающей жидкости только концентрата антифриза может ухудшить эффективность работы системы охлаждения.

Для концентратов антифриза обычная пропорция смешивания: примерно 50% концентрата антифриза на 50% воды. Температура застывания такой смеси становится около -37°C . При большем количестве воды или если в концентрате недостаточно ингибиторов коррозии значительно ускоряются процессы коррозии деталей.

Помимо антикоррозионных присадок в составе антифриза также должны содержаться компоненты, защищающие детали системы охлаждения от разрушений. **Особенно опасны** для деталей системы охлаждения **поддельные или низкокачественные антифризы**, которые не содержат в достаточном количестве необходимых присадок, и разрушение деталей может произойти за очень короткий срок. К сожалению, определить некачественный антифриз можно только по результатам работы в двигателе или лабораторным тестам.

Охлаждающую жидкость, готовую к применению, не требующую добавления воды, в народе принято называть **Тосолом**. Иногда на рынках можно услышать: "Вам тосол или антифриз?" В переводе это означает: "Вам отечественную охлаждающую жидкость или импортную незамерзающую?" Ведь именно как незамерзающая жидкость переводится надпись на канистре Antifreeze. Этим словом принято называть импортную охлаждающую жидкость, хотя иногда могут написать более конкретно Cooling Water (охлаждающая жидкость), просто антифриз – это общее понятие, то, что не замерзает.

Охлаждающая жидкость в процессе эксплуатации **вырабатывает свои присадки и изменяет свои характеристики**: расходуется запас щелочности, увеличивается склонность к пенообразованию, возрастает способность вызывать коррозию металлов, со временем испаряется вода, повышается плотность, снижается теплопередача.

Срок службы охлаждающих жидкостей обычно указывается производителем на этикетке, он не должен превышать 5 лет.

Если радиатор не подтекает, двигатель не перегревается, антифриз можно поменять только после окончания срока эксплуатации. Но не мешает раз в полгода проверить: сильно ли изменился его внешний вид, нет ли осадка и

продуктов коррозии, если эти признаки присутствуют, то жидкость нужно менять.

Несмотря на то, что основой всех охлаждающих жидкостей служит водный раствор этиленгликоля, каждая из них может содержать разный пакет антикоррозионных и противовспенивающих присадок. В одном случае это бор-нитритные, аминные и фосфатные ингибиторы, в другом – импортные химические соединения нового поколения.

Главными эксплуатационными свойствами охлаждающих жидкостей являются: - высокая теплопроводность; - низкая температура застывания; - высокая температура кипения; - оптимальная химическая стабильность; - отсутствие коррозионного воздействия на конструкционные материалы радиатора и двигателя; - инертность к резинотехническим изделиям; - отсутствие пенообразования при повышенных температурах.

Для уменьшения коррозионного воздействия антифризов на металлы вводят **присадки**: декстрин, предохраняющий от разрушения свинцово-оловянистый припой, алюминий и медь, динатрий фосфат, защищающий черные металлы, медь и латунь.

Несмотря на то, что основой всех охлаждающих жидкостей служит водный раствор этиленгликоля, каждая из них может содержать разный **пакет антикоррозионных и противовспенивающих присадок**. В одном случае это бор-нитритные, аминные и фосфатные ингибиторы, в другом – импортные химические соединения нового поколения.

Отказ многих производителей антифризов от использования старых добавок в пользу экологически чистых зарубежных присадок привел к ряду эксплуатационных ограничений при использовании антифризов. Дело в том, что при смешивании антифризов с разными присадками может возникать химический "конфликт поколений", следствием которого является выпадение геля или осадка.

Традиционный антифриз имеет желтоватый или оранжевый оттенок, ТОСОЛы – яркий голубой. Вообще любой антифриз изначально бесцветен. Красители в него добавляют по просьбе потребителей автозаводов. Для предотвращения коррозии к ним добавляются антикоррозионные присадки и, в частности, при наличии молибденовокислого натрия к маркировке добавляется буква «М».

Этиленгликоль – двухатомный спирт $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$ представляет собой маслянистую сиропообразную желтоватую жидкость без запаха. **Ядовит**. Имеет температуру кипения $+197^\circ\text{C}$ и температуру кристаллизации $-11,5^\circ\text{C}$. Водно-этиленгликолевый раствор имеет минимальную температуру кристаллизации -75°C при концентрации этиленгликоля около 66,7 %. Меняя

соотношение воды и этиленгликоля, можно получить смеси с температурой застывания от 0 до -70°C . При замерзании антифриз превращается в рыхлую кашеобразную массу, которая после запуска двигателя быстро переходит в жидкую фазу и полностью сохраняет первоначальные свойства.

Этиленгликоль и его водные растворы при нагревании сильно расширяются. Чтобы предотвратить выброс жидкости из системы, её заполняют на 6-8 % меньше общего объема. Кроме того, теплопроводность и теплоемкость антифризов ниже, чем у воды (теплоемкость воды $4,2 \text{ кДж/кг}^{\circ}\text{C}$; этиленгликоля – $2,9$). Пакет присадок, вводимый в антифриз, определяет значительную часть эксплуатационных показателей залитого в систему охлаждения теплоносителя. Для уменьшения коррозионного воздействия антифризов на металлы вводят присадки: декстрин, предохраняющий от разрушения свинцово-оловянистый припой, алюминий и медь, динатрий фосфат, защищающий черные металлы, медь и латунь.

Основные контролируемые характеристики антифриза:

- **внешние признаки раствора** (отсутствие неоднородности раствора и наличия видимого осадка);
- **плотность**, которая указывает на соотношение воды и этиленгликоля в растворе;
- **температура начала кристаллизации и температура кипения** – характеризуют качество основы охлаждающей жидкости;
- **коррозионная агрессивность** охлаждающей жидкости оценивается косвенно по значению концентрации водородных ионов (pH) раствора;
- **проверка совместимости охлаждающей жидкости с резиной.**

4. Жидкости для гидравлических систем и амортизаторов

В современных автомобилях большое значение имеют гидравлические системы, где рабочим телом являются жидкости.

Жидкости для гидравлических систем предназначены для применения в гидроприводах и амортизаторах автомобилей, а также подъемных устройствах автомобилей-самосвалов, привода различных механизмов.

Рабочая среда в гидравлических передачах – легкоподвижные и практически несжимаемые жидкости. Свойство несжимаемости жидкостей обуславливает существенные преимущества гидравлических передач перед пневматическими, механическими и др. В гидравлических приводах осуществляется быстрая передача мощности по трубопроводам – передача происходит плавно, равномерно, без толчков и ударов. В гидравлических приводах усилие передается через жидкость и передается по всем направлениям без запаздывания. Небольшой вес, высокий КПД (около $0,95$),

сравнительная простота конструкций, несложный монтаж и обслуживание – все это способствует широкому внедрению гидropередач в транспортные средства.

Условия работы жидкостей в гидросистемах очень тяжелые: температура от $+60-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$; рабочее давление – до 1000 МПа; жидкость соприкасается с деталями, выполненными из черных и цветных металлов, с резиновыми уплотнениями и шлангами.

Назначение гидравлических систем - приведение в действие различных агрегатов и механизмов, например передача усилий в системах управления, привод в действие тормозных устройств, заполнение амортизаторов и различных гидроподъемников. За последние годы все больше применяют гидромеханические трансмиссии, гидротрансформаторы, гидроусилители рулей грузовых автомобилей.

Гидравлические передачи используют в различных гидроподъемниках, устанавливаемых на тракторах, комбайнах и других сельскохозяйственных машинах. Раздельно-агрегатные гидравлические системы обеспечивают работу тракторов с орудиями, навешенными сзади и спереди трактора.

Некоторые тракторы в настоящее время снабжены гидравлическими увеличителями сцепного веса (тракторы «Беларусь»). Гидравлическими передачами снабжены бульдозеры, шарнирно-рычажные стогометатели, силосоуборочные и зерноуборочные комбайны, экскаваторы и другие машины.

Рабочая среда в гидравлических передачах — легкоподвижные и практически несжимаемые жидкости. Свойство несжимаемости жидкостей обуславливает существенные преимущества гидравлических передач перед пневматическими, механическими и др. Так, в гидравлических приводах осуществляется быстрая передача мощности по трубопроводам — передача происходит плавно, равномерно, без толчков и ударов. Небольшой вес, высокий КПД (около 0,95), сравнительная простота конструкций, несложный монтаж и обслуживание — все это способствует широкому внедрению гидравлических передач в народное хозяйство.

Важнейшие из этих требований следующие:

1) жидкости должны иметь низкие температуры помутнения и застывания;

2) температура кипения жидкости должна быть на $20-30^{\circ}$ выше возможных рабочих температур, чтобы не образовывались паровоздушные пробки в системе;

3) вязкость жидкости должна быть небольшой, чтобы обеспечить быструю реакцию гидроустройства и лучшую работоспособность в

широком диапазоне встречающихся температур, но достаточной для обеспечения плавности хода и предотвращения потерь через уплотнения;

4) жидкости должны иметь пологую кривую вязкости, т. е. вязкость должна возможно меньше увеличиваться при понижении температуры;

5) жидкости должны иметь хорошие смазывающие свойства, так как, кроме основной задачи — передачи давления, они служат смазочным материалом для трущихся деталей системы;

6) не должны вызывать коррозии черных и цветных металлов и сплавов, а также разрушать резиновые и кожаные уплотнения, вызывать их набухание, снижать механическую прочность;

7) жидкости должны обладать химической стабильностью, т. е. не разлагаться и не расслаиваться, не выделять веществ, способных засорять каналы гидросистемы, не содержать механических примесей и воды, вызывающих повышенные износы трущихся пар.

В качестве гидравлических жидкостей используют главным образом различные нефтяные дистиллятные масла, их вырабатывают как из малосернистых, так и из сернистых нефтей кислотнo-щелочной или селективной очистки. Для повышения эксплуатационных свойств некоторых гидравлических масел к ним добавляют противоизносные, антикоррозийные, антиокислительные и антипенные присадки.

Нефтяная промышленность выпускает широкий ассортимент гидравлических масел (более 20 наименований), которые предназначены для использования как в системах промышленного оборудования, так и специального узкого назначения.

Жидкость для амортизаторов должна обладать хорошей смазывающей способностью для уменьшения износов поршней и цилиндров амортизаторов, не вызывать коррозии деталей, быть подвижной при всех возможных рабочих температурах. Следовательно, она должна иметь высокие вязкостно-температурные свойства и низкую температуру застывания.

Основной сорт амортизаторной жидкости общего назначения — АЖ-12Т, получаемый смешением трансформаторного масла и этилполисилоксановой жидкости (до 8,0%) с добавлением противоизносной присадки и смеси антиокислительных присадок. Она обладает хорошей термоокислительной и механической стабильностью при работе в условиях повышенных температур и давлений (малые сечения проходных отверстий, высокие скорости истечения, перепады давления). Применяется там, где встречаются уплотнительные детали из маслостойкой резины. Жидкость АЖ-12Т можно заменять маслом АУ.

5. Пусковые жидкости и жидкости, предотвращающие появления налёта в машинах и двигателях

Пусковые жидкости предназначены для пуска холодного карбюраторного двигателя при низких температурах окружающего воздуха. Необходимо, чтобы в цилиндр поступала топливовоздушная смесь, способная воспламениться от искры зажигания при небольшой скорости проворачивания коленчатого вала; для пуска дизеля в его цилиндре должна образовываться топливовоздушная смесь, способная в этих же условиях самовоспламениться.

Пусковая жидкость, рекомендованная для пуска холодных дизелей при температуре до -40°C , называется "Холод Д-40" (этиловый спирт 60 %, изопронилнитрат – 15 %, газовый бензин – 15 %, масло – 10 %).

Пусковая жидкость НИИАТ ПЖ-25 (40 % этилового эфира и 60 % индустриального масла) служит для пуска дизелей при температуре до $-25\dots-28^{\circ}\text{C}$.

Пусковая жидкость "Арктика" (этиловый эфир – 40-60 %, газовый эфир – 35-55 %, изопронилнитрат – 1-5 %) предназначена для пуска карбюраторных двигателей при температуре -40°C .

Для введения пусковых жидкостей в двигатель выпускается разработанные в НАМИ две модели пусковых приспособлений 5ПП-40 и 6ПП40. Они монтируются на двигатель. Пусковая жидкость "Холод Д-40" для дизелей поставляется потребителю в специальных запаянных ампулах одноразового пользования по 20 и 50 мл.

При ремонте техники все более широкое применение находят различные **моющие составы и жидкости** для удаления высокотемпературных отложений перед ремонтом поршневой группы двигателя, для промывки масляной системы перед сменой масла, очистки наружных поверхностей машин, двигателей от копоти и других загрязнений.

В ремонтных предприятиях в основном используется большое количество моющих составов, приготовленных на основе каустической соды (едкого натрия) с добавлением жидкого стекла, углекислого натрия и других веществ, однако все они плохо растворяют продукты глубокого окисления масел, разрушают детали из цветных металлов, особенно алюминиевые, и довольно токсичны. В настоящее время все шире проводятся работы по замене щелочных растворов синтетическими моющими средствами.

Разработанные синтетические моющие средства имеют существенные преимущества перед щелочными растворами: не корродируют металлические

поверхности, обладают способностью значительно снижать поверхностное натяжение, чем и объясняется их высокая моющая способность, хорошо проходят в поры нагаров, тем самым, разрушая их структуру, обладают хорошими диспергирующими свойствами и смачиваемостью металлических поверхностей, нетоксичны и невзрывоопасны.

Из разработанных моющих средств получили распространение МС-5, МС-6, МС-8. Это смеси неионогенных поверхностно-активных веществ с добавлением активных соединений в виде триполифосфата натрия, кальцинированной соды и других соединений. Данные моющие средства, используются в виде 1-2,5%-ных водных растворов. Загрязненные поверхности и детали перед ремонтом промывают 2,0-2,5%-ным раствором, а после ремонта 1,0%-ным.

Для удаления углеродистых веществ с поршней и колец их в течение 2-3 ч выдерживают в горячем (80-85 °С) растворе специального состава в воде. На 1 л воды берут по 10 г кальцинированной соды, хозяйственного мыла, жидкого стекла и 1 г хромпика. После мойки в растворе отложения легко удаляют ветошью.

Контрольные вопросы

1. Назначение, классификация и основные требования, предъявляемые к гидравлическим жидкостям.
2. Гидравлические жидкости. Методы улучшения вязкостных и противозносных свойств гидрожидкостей и механизм действия загущающих присадок к этим жидкостям.
3. Сырье, основные физико-химические и эксплуатационные свойства жидкости АМГ-10. Ее зарубежные аналоги.
4. Минеральные гидравлические жидкости. Основные положительные свойства и недостатки их применения в ГА. Зарубежные аналоги.
5. Методы улучшения эксплуатационных свойств гидрожидкостей.
6. Гидравлическая жидкость Aero Shell Fluid-4. Ее состав и свойства.
7. Гидравлические жидкости. Какова роль вязкостных присадок в их составе.
8. Гидравлические жидкости на основе эфиров фосфорной кислоты. Преимущества и недостатки таких жидкостей по отношению к минеральным.
9. Сравните свойства традиционных минеральных и негорючих гидрожидкостей последнего поколения производства.
10. Физико-химические основы применения противообледенительных жидкостей.
11. Антифризы. Основные научные положения, лежащие в основе механизма действия противообледенительных жидкостей.

Список литературы

1. Данилов В.Ф., Литвиненко А.Н., Ахсанов М.М., Тимербаев Р.М. Масла, смазки и специальные жидкости. Учебное пособие. Елабуга. К (П)ФУ. 2013. 216 стр.
2. Макушев Ю.П. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 58 с.
3. И.Л.Гуревич. Технология переработки нефти и газа К.1. М.:Химия. 1999 г.
4. А.М.Кулиев. Химия и технология присадок к маслам и топливам М.:Химия. 1998 г. 370 стр.
5. Обельницкий А.М., Егорушкин Е.А., Чернявский Ю.Н. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. – М.: ИПО «Полигран», 1997.
6. Сафонов А.С., Ушаков А.И. и др. Трансмиссионные масла. Пластичные смазки. – СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2001.
7. Федоров М.И., Золотов В.А. Классификация и применение моторных масел. М.: Диалог-МГУ, 1999.
8. www.ziyonet.uz
9. www.google.ru