

Федеральное агентство по образованию
РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина

А.Д. Макаров

НЕФТЕГАЗОВОЕ ТОВАРОВЕДЕНИЕ

Конспект лекций.

Москва - 2006

ВВЕДЕНИЕ

Нефть - это не только источник получения топлива различных видов и назначений, смазочных и специальных масел, пластичных смазок, рабочих жидкостей для гидравлических систем, парафинов и других продуктов, но и сырье для получения синтетического каучука, пластмасс, полимерных материалов, химических волокон, специальных химических продуктов, а так же некоторых лекарственных препаратов. Из нефти и отходов ее производства производят всем известные и широко применяемые синтетические моющие средства; окислением нефтяных парафинов получают синтетические жирные кислоты, получивших применение в парфюмерной и медицинской промышленности. Без нефтяного кокса не обходятся металлургическая и электротехнические отрасли. Технический углерод (сажа), получаемый из нефти широко используется при производстве шин и резин. Это далеко не полный список продуктов, получаемых из нефти. По мере совершенствования процессов переработки нефти растут количества наименований продуктов и сфера их применения.

От правильного выбора и умелого использования горюче-смазочных (ГСМ) материалов зависит надежность работы и срок службы двигателей внутреннего сгорания и всякого рода техники, включая и космическую. Верный выбор топлива и смазочных материалов и рациональное их применение - решающее условие долговечности и экономичности работы автомобильной техники. Для того чтобы обеспечить последнее необходимо знать:

- а) принцип работы агрегата;
- б) свойства топлива и смазочных материалов;
- в) условия их применения в агрегатах;
- г) характер требований, предъявляемых к качеству топлив и смазочных материалов со стороны машин и механизмов.

Свойства топлив, смазочных материалов и других продуктов оцениваются физическими, физико-химическими и другими показателями, определенные численные значения которых строго нормируются государственными стандартами (ГОСТ). Эти численные значения не являются, однако, навсегда установленными. С развитием техники и технологии производства механизмов и нефтепродуктов и возрастанию к ним требований, введенные в ГОСТы константы претерпевают значительные изменения, а также появляются новые показатели. Причина этого в том, что каждый показатель несет ответственность за определенное эксплуатационное свойство или совокупность свойств, и по мере совершенствования техники предъявляются все новые и новые требования к качеству. Так, например, повышение степени сжатия бензинового двигателя возможно только при одновременном улучшении антидетонационных

свойств топлива, т.е. при увеличении октанового числа бензина; повышение предельной высоты полета самолета влечет за собой изменение требований к испаряемости авиатоплива; повышение нагрузок в подшипниках бензинового и дизельного двигателей выдвигает требование улучшения вязкостно-температурных и смазочных свойств моторных масел. Вовлечение в машиностроение новых материалов и сплавов вынуждает включению в стандарты новых требований в части предотвращения коррозии и т.п. Таким образом, изменение требований к качеству нефтепродуктов следует за прогрессом в конструировании и эксплуатации машин и механизмов.

Задача данного курса заключается в изучение основных свойств продуктов, получаемых из нефти и газа, улучшения их качества, условий их применения в машинах и агрегатах, а также экономических и экологических проблем производства и применения основных видов топлив, смазочных материалов и других продуктов.

1. НЕФТЬ, ГАЗ И ПРОДУКТЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

1.1. СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТЕЙ.

Основными элементами, входящими в состав нефти, являются углерод и водород, суммарное содержание которых составляет от 96 до 99,5 % по массе. Колебания в содержании этих двух элементов для нефтей разных месторождений относительно невелики и лежат в пределах 85 - 87 % для углерода и 11 - 14 для водорода. Кроме указанных элементов в состав нефтей входят кислород, азот, сера и зольные вещества, состоящие из соединений калия, натрия, кальция, магния, хлора и других атомов, в том числе и ванадия. Средний элементный состав некоторых нефтей может быть охарактеризован следующими цифрами: углерод - 85,9 - 87,9 %, водород - 12,5 - 13,5 %, кислород - 0,22- 0,74 %, сера - 0,1 - 2 и более %, азот 0,07 %, зола и пр. - 0,1 %.

Различие в элементном составе нефтей связано с преобладанием в нефти тех или иных классов углеводородов, а также кислородных, сернистых и иных соединений. Основную массу вещества нефти составляют углеводороды трех рядов: метанового ряда (алканы или парафины) характеризуемые общей формулой C_nH_{2n+2} , нафтеновые (циклоалканы) типа C_nH_{2n} , C_nH_{2n-2} , C_nH_{2n-4} и т.д. и ароматические углеводороды с общей формулой C_nH_{2n-6} , C_nH_{2n-12} и т.д. Углеводороды олефинового ряда в нефти практически не содержатся.

Кроме углеводородов в нефти содержатся значительные количества кислородных, сернистых и азотистых соединений, которые оказывают отрицатель-

ное влияние, как на технологию переработки нефти, так и на свойства нефтепродуктов. К кислородсодержащим соединениям нефти относятся, в первую очередь, нафтеновые кислоты, фенолы и асфальтосмолистые вещества (нейтральные смолы, асфальтены, асфальтогеновые кислоты). Среди сернистых соединений, содержащихся в нефти различают три группы. К первой относятся сероводород и меркаптаны, обладающие кислотными свойствами, а потому и наиболее сильным коррозионным действием. Ко второй группе относятся сульфиды и дисульфиды, которые при температуре 130-160⁰С начинают распадаться с образованием сероводорода и меркаптанов. В третью группу сернистых соединений входят термически стабильные циклические соединения - тиофаны и тиофены. Азот находится в нефти в виде соединений, обладающих нейтральным или кислым характером. Эти соединения снижают активность катализаторов в процессах деструктивной переработки нефти, вызывают окисление и потемнение нефтепродуктов.

1.2. Состав и свойства природного газа и газовых конденсатов

В отличие от нефти химический состав газа и газовых конденсатов более однородный. Отсюда такие свойства, как химическая и термокислительная стабильность газа и газового конденсата значительно выше, чем у нефти.

Природный газ представляет собой, в основном метан (96-98 %), остальные 2-4 % - это примеси – этан и пропан. Как правило, природный газ и газовые конденсаты проходят на промыслах процедуры очистки и, в связи с этим, практически не содержат таких нежелательных веществ, как соединений серы, азота и кислорода.

Газовые конденсаты представляют собой смесь углеводородов с числом атомов углерода в молекуле от 4-х до 16-18. Это, в основном углеводороды парафинового и нафтенового основания. В связи с этим, газовый конденсат в составе топлив является наиболее желательным компонентом с экологической точки зрения. Фракционный состав газовых конденсатов зависит от специфики месторождения газа и может колебаться в пределах от 28 до 400⁰С. Для одних месторождений температура конца кипения газового конденсата может составлять 150-180⁰С, для других быть более высокой 350-400⁰С. Фракционирование газовых конденсатов позволяет получать из них компоненты моторных топлив- бензина (нк.- 180⁰С), дизельного (180 – 350⁰С) и авиакеросинов (150 – 250⁰С). Однако, низкое октановое число газовых конденсатов ограничивает их применение в качестве компонента товарных бензинов, а практически полное отсутствие ароматических углеводородов не позволяет получать из газовых

конденсатов товарных дизельных топлив из-за плохих противозносных свойств. Поэтому они могут служить лишь компонентами указанных топлив.

1.3. 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.

Ниже более подробно будут рассмотрены области применения, основные свойства и классификации основных видов нефтепродуктов.

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 ме-

таллов, 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 име-

ются 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 основных 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 клапанов, 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. Поскольку авиационные бензины применяются ограниченно, в основном, в малой и спортивной авиации, в настоящем пособии не будем на них останавливаться подробно. Уделим больше внимания автомобильным бензинам.

2.2.1. Автомобильные бензины

Нормальная работа современного бензинового двигателя в большой степени зависит от качества топлива. Поэтому при производстве бензинов производитель должен тщательным образом соблюдать требования стандарта по всем показателям. Ниже разберем основные свойства бензинов и то, как они влияют на эксплуатационные свойства двигателей.

Испаряемость. Время, отводимое на испарение и сгорание топлива очень невелико и составляет всего от 0,002 до 0,004 секунд. За две трети этого времени топливо должно полностью испариться. Если к моменту воспламенения часть топлива находится в жидком состоянии (в виде капель), сгорание затягивается и топливо догорает уже в конце рабочего такта или даже в такте выпуска. В результате этого возможно неполное сгорание топлива, отложение нагара на поршне, выпускных клапанах и даже в выпускной трубе. Двигатель перегревается и его мощность и экономичность снижается. Полнота испарения топлива, а вследствие этого и нормальное сгорание, обуславливается его физическими свойствами, а именно, фракционным составом и давлением насыщенных паров.

Причем, за пусковые свойства отвечает температуры начала кинения и выкипания 10% фр. Температура выкипания 50% топлива характеризует прееминость, а 90% и конец кипения – наличие тяжелых фракций, т.е. полностью испарения. Наличие большого количества легких фракций и, тем самым высокое давление насыщенных паров может приводить к образованию паровых пробок в топливопроводах.

Детонационная стойкость. Данный показатель является главным, как для авиационных, так и для автомобильных бензинов и характеризует способность топлива сгорать в двигателе без детонации. Детонация это явление, когда при определенных условиях работы двигателя нарушается процесс нормального сгорания и скорость распространения фронта пламени резко возрастает и достигает скорости 2000-2500 м/с. Сгорание принимает взрывной, или детонационный характер, который сопровождается резкими местными повышениями температуры, характерным резким металлическим звуком и падением мощности двигателя. Наиболее склонны к детонации та рабочая часть топлива, которая сгорает последней. Детонация приводит к перегреву двигателя, дымлению, падению мощности, преждевременному выходу из строя шатунно-поршневой группы за счет прогару поршней и износу поршневых пальцев. Эксплуатировать двигатель в условиях детонации нельзя. Склонность топлива к детонации зависит от его химического и углеводородного состава. Явление детонации связано с образованием в условиях термического окисления гидроперекисей, которые самопроизвольно взрываются. Наиболее стойкими к образованию гидроперекисей, а следовательно и к детонации являются ароматические и изопарафиновые углеводороды. Наименее стойкие нормальные алканы. Чем выше степень сжатия двигателя, тем интенсивней происходит термоокисление с образованием гидроперекисей, а значит и бензины применяемые в этих двигателях должны быть более детонационностойкими.

Детонационную стойкость бензинов измеряют в **единицах октанового числа**, определенных на одноцилиндровой моторной установке с переменной степенью сжатия. **Октановое число** есть показатель детонационной стойкости бензина, численно равный объемному содержанию (в %) изооктана в эталонной смеси его с нормальным гептаном, которая по детонационной стойкости эдентична топливу, испытываемому в стандартных условиях. Так, например бензин с октановым числом 92 по своей детонационной стойкости эквивалентен смеси, состоящей из 92 % об. Изооктана и 8% об. н-гептана. Октановое число автомобильных бензинов определяют на установках ИТ9-2М или УИТ- 85 двумя методами: моторным по ГОСТ 511-82 и исследовательским по ГОСТ 8226-82. Разница в октановом числе по моторному и исследовательскому методу со-

ставляет 6-9 единиц (выше по исследовательскому методу) и связана со стандартными условиями испытания. Условия исследовательского метода более мягкие, и приближены к работе двигателя в условиях города – частые трогания с места и торможения.

Бензины производят путем смешения бензиновых компонентов различных технологических процессов. Наиболее высокооктановыми компонентами являются бензины процессов риформинга, изомеризации, алкилирования; наименее – прямогонные бензины бензины термических процессов. Для улучшения детонационной стойкости (повышения октанового числа применяют различные присадки, получивших название "антидетонаторы" и высокооктановые добавки. Наилучшей приемистостью к бензинам обладает тетраэтилсвинец, однако он ядовит, и применение этилированных бензинов в последние годы резко снижается. Во многих городах России и за рубежом применение этилированных бензинов запрещено. В настоящее время в производстве бензинов используются низкотоксичные присадки и добавки, такие как монометиланилин, ксиллидины, марганцесодержащая присадка, метанол, этанол, метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) и др.

Химическая стабильность, склонность к образованию отложений и нагарообразованию очень важные показатели и зависят не только от химического состава бензинов, но и от условий смесеобразования, отлаженности системы зажигания, каталитического воздействия металлов при сгорании топлива. Поэтому в бензинах используются, кроме антидетонаторов, еще и антиокислительные, противокоррозионные и антидымные присадки.

Ассортимент, состав и качество автомобильных бензинов.

В России предусмотрено производство, как этилированных так и неэтилированных автомобильных бензинов. До 1998 года по ГОСТ 2084-77 выпускались бензины марок А-76, АИ-93, АИ-95 и АИ-98, как в этилированном, так и неэтилированном виде. Кроме этих бензинов в последние 5-7 лет стало производиться много бензинов малым предпринимательством по различным Техническим Условиям (ТУ) с различными присадками и добавками, появились такие бензины, как А-80, А-92, А-96. У этих бензинов снижены требования по ряду показателей, которые, вроде бы не являются первостепенными. Кроме того, в паспортах на эти бензины не указывается компонентный состав и тим антидетонационных добавок. Ввиду этого ряд бензинов одной марки, но от разных производителей практически не подлежат смешению.

С 1999 года в силу вступил новый ГОСТ 51105-97 на неэтилированные бензины, в котором учтены все необходимые требования к свойствам бензинов практически в соответствии с зарубежными стандартами. По ГОСТ в России выпускаются следующие марки неэтилированных бензинов:

Нормаль-80 с октановым числом по исследовательскому методу не ниже 80.

Регуляр-91 с октановым числом по исследовательскому методу не ниже 91.

Премиум –95 с октановым числом по исследовательскому методу не ниже 95.

Супер 98 с октановым числом по исследовательскому методу не ниже 98.

Технологические бензины (без антидетонационных присадок и добавок), готовят путем смешения следующих компонентов:

- А-76, Нормаль-80 - 80-90% бензина каталитического крекинга, остальное прямогонный легкий бензин;
- АИ-93, А-92, Регуляр-91 – 70-80% бензина риформинга, 10-15% бензина кат.крекинга, 10-15% прямогонного;
- АИ-95, А-96, Премиум–95 - 80-90% бензина риформинга, 10-15 алкилата, 5-10% изомеризата;
- АИ-98, Супер – 50-60% бензина риформинга, 35-40% алкилата, 10-15% изомеризата.

Ввиду ужесточений требований к содержанию ароматических углеводородов, в бензинах снижается доля риформата и увеличивается доля алкилата и изомеризата, а так же бензина гидрокрекинга. Разрешено применять нетоксичные антидетонационные присадки (марганцевосодержащий, Экстралин, Ада и т.п.) и добавки (этанол, МТБЭ и др.) оговаривая их в паспорте на продукцию. Основные физико-химические свойства некоторых бензинов приведены в ниже.

Характеристика автомобильных бензинов (ГОСТ 2084 –77)

Показатель	А-76	Аи-93	Аи-95
1.Детонационная стойкость, октановое число, не менее:			
моторный метод	76	85	89
исследовательский метод	-	93	95
2.Содержание свинца, г/дм ³			
3.Фракционный состав, °С:	35	35	35

н.к. не ниже	70	70	70
10% (об.), не выше	115	115	115
50% (об.), не выше	180	180	180
90% (об.), не выше	195	195	195
к.к., не выше	1,5	1,5	1,5
Остаток в колбе, %, не более	4,0	4,0	4,0
Остаток и потери, %, не более	66,7	66,7	66,7
4. Давление насыщенных паров, КПа, не более	3,0	3,0	3,0
5. Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	10	7	7
6. Содержание фактических мол, мг/см ³ , не более	600 0,1	900 0,1	900 0,1
7. Индукционный период на месте производства бензина, мин, не менее	выдерживает	выдерживает	выдерживает
8. Содержание серы, %, не более	отсутствует	отсутствует	отсутствует
9. Испытание на медной пластинке	отсутствует	отсутствует	отсутствует
10. Содержание: водорастворимых кислот и щелочей	не	р м и р у т с я	е
механических примесей и воды	н о		
11. Плотность при 20 °С, кг/м ³			

Нормы и требования к качеству автомобильных бензинов по ГОСТ Р 51105-97				
Показатели	Нормаль-80	Регуляр-91	Премиум-95	Супер-98
Октановое число, не менее: моторный метод	76,0	82,5	85,0	88,0
Октановое число, не менее: исследовательский метод	80,0	91,0	95,0	98,0
Содержание свинца, г/дм ³ , не более	0,010			
Содержание марганца, мг/дм ³ , не более	50	18	-	-
Содержание фактических смол, мг /100 см ³ , не более	5,0			
Индукционный период бензина, мин, не менее	360			
Массовая доля серы, %, не более	0,05			
Объемная доля бензола, %, не более	5			
Испытание на медной пластине	Выдерживает, класс 1			

Внешний вид	Чистый, прозрачный			
Плотность при 15 °С, кг/м ³	700-750	725-780	725-780	725-780
Примечания.				
1. Содержание марганца определяют только для бензинов, с марганцевым антидетонатором (МЦТМ).				
2. Автомобильные бензины, предназначенные для длительного хранения (5 лет) в Госрезерве и Министерстве обороны, должны иметь индукционный период не менее 1200 мин.				

2.2.2. 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 топливоздушная 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°С. В двигателях для звуковой 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.

Показатели	Дозвуковые		Сверхзвуковые
	ТС-1	РТ	Т-6
плотность при 20°C, кг/м ³	780	775	840
Фракционный состав:			
температура начала перегонки, °C:			
не ниже	-	135	195
не выше	150	155	-
10% перегоняется при температуре, °C			
не выше	165	175	220
50% перегоняется при температуре, °C			
не выше	195	225	255
90% перегоняется при температуре, °C			
не выше	230	270	290
98% перегоняется при температуре, °C			
не выше	250	280	315
Кинематическая вязкость, мм ² /с:			
при 20°C, не менее	1,30	1,25	-
не более	-	-	4,5
при минус 40°C, не более	8	16	60
Высота некоптящего пламени, мм, не менее	25	25	20
Кислотность, мтКОН на 100 г топлива, не более	0,7	0,4 - 0,7	0,5
Температура вспышки в закрытом тигле, °C, не ниже	28	28	62
Температура начала кристаллизации, °C, не выше	-60	-55	-60
Температура начала кристаллизации, °C, не выше	5	4	4
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива, не более	22	22	10
Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более	0,25	0,10	0,05
Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более	42900	43120	42900
Массовая доля общей серы, %, не более	отсутст.	отсутст.	отсутст.
Массовая доля общей серы, %, не более			
Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее			
Содержание механических примесей и воды			

Кроме этого реактивное топливо должно обладать хорошими антистатическими свойствами, поскольку трение плоскостей и фюзеляжа авиамашин о воздух вызывает накопление в топливе статического электрического заряда, который может вызвать пожар или взрыв. Таким образом, можно сказать, что к качеству реактивных топлив предъявляются более жесткие требования, чем другим видам моторных топлив.

В России выпускают топлива для дозвуковой по ГОСТ 19227-86 Т-1, ТС-1 и РТ и сверхзвуковой авиации по ГОСТ 12308-89 Т-6 и Т-8В. Топлива Т-1 и ТС-1 получают процессами прямой перегонки нефти, РТ с применением гидроочистки, Т-6 путем глубокого гидрирования керосино-газойлевых фракций нефти. Основные физико-химические свойства некоторых авиакеросинов приведены ниже.

2.2.3. 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 воспламене-

ния 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, сжатом 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 500-600⁰С. 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 топливоздушнной 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 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 -метилнафталин ($C_{11}H_{10}$), 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 срашиваются, 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.

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДИЗЕЛЬНЫЕ ТОПЛИВА

Для современных быстроходных дизелей предусмотрено производство по ГОСТ 305-82 трех марок топлива: летнее - Л, зимнее - З и арктическое -А.

Летнее топливо предназначено для эксплуатации двигателей при температуре окружающего воздуха 0⁰С, зимнее - до -25⁰С, арктическое - до -50⁰С. Ниже представлены основные физико-химические свойства дизельных топлив выпускаемых по ГОСТ 305-82.

Кроме этих топлив отечественная промышленность выпускает значительный объем дизельных топлив по ведомственным ТУ (техническим условиям) по согласованию с потребителем, в том числе, и топлива с депрессорными присадками, понижающими температуру застывания. Поскольку температура помутнения в этом случае остается относительно высокой, в стандарт на топлива с депрессорной присадкой вводится показатель **предельной температуры фильтруемости**. Физически - это та температура, при которой топливо перестает прокачиваться через фильтр тонкой очистки дизеля. За последние пять лет отечественная промышленность освоила выпуск, так называемых, экологически чистых дизельных топлив с пониженным содержанием ароматических углеводородов и сниженным содержанием общей серы до 0,05% мас.

Показатели	Нормы для марки:		
	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав			
50 % (об) перегоняется при тем-ре, °С, не выше	280	280	255
96 % (об), к.к. перегоняется при тем-ре, °С, не выше	360	340	330
	3.0-6.0	1,8-5,0	1.5-4.0
	-10	-35	-55
Кинематическая вязкость при 20°С, мм ² /с	-5	-25	-
Температура застывания, °С, не выше	40	35	30
Температура помутнения, °С, не выше	0,2/0,5	0,2/0,5	0,2/0,5
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	Выдерж. Отсутст.	Выдерж. Отсутст.	Выдерж. Отсутст.
Содержание серы, % мас. не более	40	30	30
Испытание на медной пластинке	5	5	5
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	0,01	0,01	0,01
	0,30	0,30	0,30
Содержание фактических смол, мг/100 мл, не более	3	3	3
	Отсутст.	Отсутст	Отсутст
Кислотность, мг КОН/100 мл, не более	860	840	830
Зольность, %, не более			

Показатели	Нормы для марки:		
	Л	З	А
Коксуемость 10% остатка, %, не более			
Коэффициент фильтруемости, не более			
Содержание механических примесей и воды			
Плотность при 20°C, кг/м ³ , не более			

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.

Топливо нефтяное для газотурбинных установок предназначено для работы в стационарных паротурбинных и парогазовых энергетических установках, а также в газотурбинных установках водного транспорта. Газовые турбины являются относительно новым видом теплового двигателя. Благодаря своим специфическим свойствам, таким, как сравнительно малая масса на единицу мощности, способность к быстрому запуску и работе без охлаждающей жидкости, возможность полной автоматизации и дистанционного управления, газовые турбины получили широкое применение в авиации, а затем в различных отраслях промышленности и транспорта. Их используют также для покрытия пиков нагрузки на электрических станциях, Общей тенденцией газотурбостроения в настоящее время является увеличение к.п.д. и мощности установок за счет повышения температуры газов перед турбиной. Это и определяет требования к качеству топлива.

2.2.4. 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. В США для определения вязкости используют вискозиметр Сейболта универсальный (для маловязких мазутов) и Сейболта Фуrolа (для высоковязких мазутов), в Англии – вискозиметр Редвуда. Между всеми этими вязкостями существует определенная зависимость. В ряде спецификаций указывают вязкость, найденную экспериментально и пересчитанную в кинематическую (мм²/с).

Для мазутов, как и для всех темных нефтепродуктов, зависимость вязкости от температуры приближенно описывается уравнением Вальтера:

$$\lg \lg(v \cdot 10^{-6} + 0,8) = A - B \lg T,$$

где v – кинематическая вязкость, мм²/с. A и B – коэффициенты; T – абсолютная температура, °К.

Вязкость не является аддитивным свойством топлива. При смешении различных котельных топлив вязкость смеси следует определять экспериментально. Ориентировочно вязкость таких смесей можно определить по формуле:

$$\lg \lg(v_{cm} + 0,8) = x_1 \lg \lg(v_1 + 0,8) + x_2 \lg \lg(v_2 + 0,8),$$

где v_1 , v_2 , v_{cm} – вязкость кинематическая компонентов 1, 2 и смеси, мм²/с; x_1 , x_2 – содержание компонентов, % об.

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>>.

Принцип действия прибора <<Реотест>> основан на изменении сопротивления, которое оказывает испытуемый продукт вращающемуся внутреннему цилиндру. Это сопротивление зависит только от внутреннего трения жидкости и прямо пропорционально абсолютной вязкости. По мере того как скорость сдвига увеличивается, вязкость уменьшается. Когда вся структура полностью разрушена, вязкость становится постоянной. Эта вязкость называется динамической. Методика позволяет определять как вязкость полностью разрушенной структуры мазута, так и начальное напряжение, являющееся мерой прочности структуры мазута, значение которого необходимо знать при расчете трубопроводов.

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 $940 - 970 \text{ кг/м}^3$ $Q_H=42000 \text{ Дж/кг}$. 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 $22 - 25^\circ\text{C}$ 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 $4 - 15^\circ\text{C}$. 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 $40 - 70^\circ\text{C}$ $t_{заст}$ 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.

Учитывая нестабильность $t_{заст}$, стандарты на мазут флотский, экспортный и на моторное топливо предусматривают гарантии изготовителя: по истечении 3 месяцев хранения температура застывания не должна превышать установленную стандартом величину: минус 5°C – для флотского мазута Ф-5 и моторного топлива, плюс 10°C – для экспортного. Срок гарантии установлен, исходя из экспериментальных данных. Как правило, изменение $t_{заст}$ после 3 месяцев Хранения крайне редко.

Регрессия $t_{\text{заст}}$ обуславливает необходимость выработки топлива с запасом качества по этому показателю, что приводит к вовлечению в состав таких продуктов неоправданно большого количества дизельного топлива. Так, для получения флотского мазута Ф-5 на нефтеперерабатывающем предприятии вовлекают в мазут 50 – 70% дизельного топлива, а для получения топлива, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 10585 – 75 по всем показателям качества, кроме $t_{\text{заст}}$, достаточно 12,5 – 40% дизельного топлива.

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 н-парафиновых углеводородов и их температуры плавления: чем больше их в топливе и чем выше $t_{\text{пл}}$, 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 нефтяные 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 полно-

той, 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.

АССОРТИМЕНТ, СОСТАВ И КАЧЕСТВО

Стандарт на котельное топливо – ГОСТ 10585 – 75 (см. Табл.) предусматривает выпуск 4 марок топлива: флотских мазутов Ф-5 и Ф-12. Которые по вязкости классифицируются как легкие топлива. Топочных мазутов марки 40 – как средние и марки 100 – как тяжелое топливо. Цифры указывают ориентировочную вязкость соответствующих марок мазутов при 50°С. В зависимости от содержания серы топочные мазуты подразделяют на малосернистые – до 10%. Сернистые – от 0,1 до 2,0% и высокосернистые – от 2,0 до 3,5%. Для топлив, вырабатываемых из арланской, чекмагушской и бугурусланской нефтей, допускается содержание серы в мазутах до 4,3%.

Топочные мазуты марок 40 и 100 изготавливают из остатков переработки нефти. В мазут марки 40 для снижения температуры застывания до 10°С вовлекают 8 – 15% среднестиллятных фракций, в мазут марки 100 дизельные фракции не добавляют.

Флотские мазуты марок Ф-5 и Ф-12 предназначены для сжигания в судовых энергетических установках. По сравнению с топочными мазутами марок 40 и 100 они обладают лучшими характеристиками: меньшей вязкостью, со-

держанием механических примесей, воды, зольностью и более низкой температурой застывания. Флотский мазут марки Ф-5 получают смешением продуктов прямой перегонки нефти: в большинстве случаев 45 – 55% мазута прямогонного и 55 – 45% дизельного топлива. Допускается использовать в его составе до 22% керосино-газойлевых фракций вторичных процессов, в том числе легкого и тяжелого газойля каталитического и термического крекинга.

Показатель	Марка топлива			
	Ф-5	Ф-12	40	10
Вязкость условная, °ВУ (соответствующая ей кинематическая, мм ² /с, не более):				
при 50°С	5,0(36,2)	12,0(89,0)	-	-
при 80°С	-	-	8,0(59,0)	16,0(118,0)
Зольность, %, не более				0,14
Содержание, %, не более:	0,10	0,12	0,80	
Механических примесей	0,3	0,3	1,5	1,5
воды				0,5
водорастворимых кислот и щелочей	-	0,6	0,5	
серы:	2,0	-	2,0	1,0
для малосернистого	-	-	3,5	2,0
для сернистого	6,0	6,0	-	3,5
для высокосернистого				-
Коксуемость, %, не более				
Температура, °С:	80	90	(90)	
вспышки				(110)
в закрытом (открытом) тигле, не ниже	-5	-8	10(25)	
застывания, не выше (для мазута из парафинистых нефтей)				25(42)
Теплота сгорания низшая, кДж/кг (ккал/кг),	41454(9870)	41454(9870)	40740(9700)	40530(9650)
на сухое топливо (не браковочная), не менее:	955	960	965	950
для малосернистого и сернистого				1015

для высокосернистого Плотность при 20°C, кг/м ³ , не бо- лее				
---	--	--	--	--

Показатели	ДТ высшей категории	ДТ	ДМ высшей категории
Плотность при 20°C, кг/м ³ , не более	930	930	970
Фракционный состав: до 250°C пе- регоняется, %, не более	15	15	10
Вязкость при 50°C, не более			
Кинематическая мм ² /с	20	36	130
Соответствующая ей условия, °ВУ	2,95	5,0	17,4
Коксуемость, %, не более	3,0	3,0	9,0
Зольность, %, не более	0,02	0,04	0,06
Содержание, %, не более:			
Серы в малосернистом топливе	0,5	0,5	-
То же, в сернистом топливе	1,5	1,5	2,0
Механических примесей	0,05	0,05	0,1
Воды	0,1	0,5	0,5
Ванадия	0,010	0,015	0,010
Температура, °С:			
вспышки в закрытом тигле, не ниже	70 -5	65 -5	85 10
застывания, не выше			

Флотский мазут марки Ф-12 вырабатывают в небольших количествах на установках прямой перегонки нефти с добавлением вторичных компонентов. Основным отличием мазута Ф-12 от Ф-5 являются более жесткие требования по содержанию серы (<0,8% против <2,0%) и менее жесткие требования по вязкости при 50°C (<12°ВУ против <5°ВУ).

Основным топливом для судовых энергетических установок является моторное топливо по ГОСТ 1667 – 68 (см.табл. . Тяжелое моторное топливо марок ДТ и ДМ по вязкости приближается к флотским мазутам марок Ф-5 и Ф-12, но отличается от них содержанием серы: <1,5 для топлива ДТ и <2,5% - для топлива ДМ. Технология получения тяжелых моторных топлив аналогична технологии производства флотских мазутов.

В перспективе с углублением переработки нефти и утяжелением остаточных компонентов мазутов предполагается исключить выработку и поставку мазута марки 40 на ТЭЦ. Основным котельным топливом для котельных установок будет мазут марки 100. На ТЭЦ, получающих мазут по трубопроводам НПЗ – ТЭЦ, будет подаваться мазут марки 200.

Для унификации и оптимизации качества тяжелых моторных топлив, применяемых на флоте, разрабатывается стандарт на судовые топлива. Он включает 3 марки топлива: судовое высоковязкое – легкое, тяжелое, сверхтяжелое, что позволит сократить ассортимент топлив, используемых в судовых энергетических установках.

2.2.5. 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.

Показатели	I сорт	II сорт
Плотность при $20^{\circ}C$, $кг/м^3$, не более	935	935
Вязкость условная при $50^{\circ}C$, $^{\circ}ВУ$, не более	3,0	3,0
Теплота сгорания нгизшая, $кДж/кг$, не менее	39800	39800
Зольность, %, не более	0,01	0,01
ванадия, 10^{-4}	2	4
серы	1,0	2,5
сероводорода	отсутствие	отсутствие
воды	0,2	0,5
водорастворимых кислот и щелочей	отсутствие	отсутствие

механических примесей	0,02	0,03
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	61
застывание, не выше	5	5
Иодное число, г I ₂ /100 г, не более	20	45
Коксуемость, %, не более	0,5	0.5

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 камеру 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%.

За последние 20 лет развития газотурбостроения, в связи с изменением режима работы турбины и повышением температуры газов на выходе газотурбинной установки, требования к топливу постоянно ужесточались. Было создано топливо нефтяное (ТУ 38 101856 – 80) для пиковых газотурбинных установок с более жесткими требованиями к содержанию ванадия, натрия, калия и кальция.

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°С. В некоторых случаях газотурбинное топливо получают только на основе продуктов прямой перегонки, и тогда возникают трудности с обеспечением требуемой температуры застывания (<5°С). Последняя является важнейшим показателем при использовании топлива на газотурбинных установках водного транспорта, не оборудованных системами подогрева. Снизить $t_{заст}$ можно введением депрессорных присадок. Концентрация в топливе присадки зависит от типа перерабатываемой нефти, состава и технологии получения.

3.СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В современном мире практически не существует областей техники, где бы не применялись смазочные материалы. Главная задача смазочных материалов -

снижать трение и износ. Попутно они выполняют и другие функции, такие как, защита от коррозии, отвод тепла, очистка деталей от отложений и др. Смазочные материалы можно условно разделить на две группы: жидкие - это, в основном смазочные масла и твердые - пластичные смазки, вазелины и др. По составу и происхождению СМ могут быть минеральными, получаемыми из природного сырья, в том числе и нефтяные, синтетическими и смешанными. В настоящем пособии мы уделим внимание смазочным материалам, получаемым, в основном, на нефтяной основе.

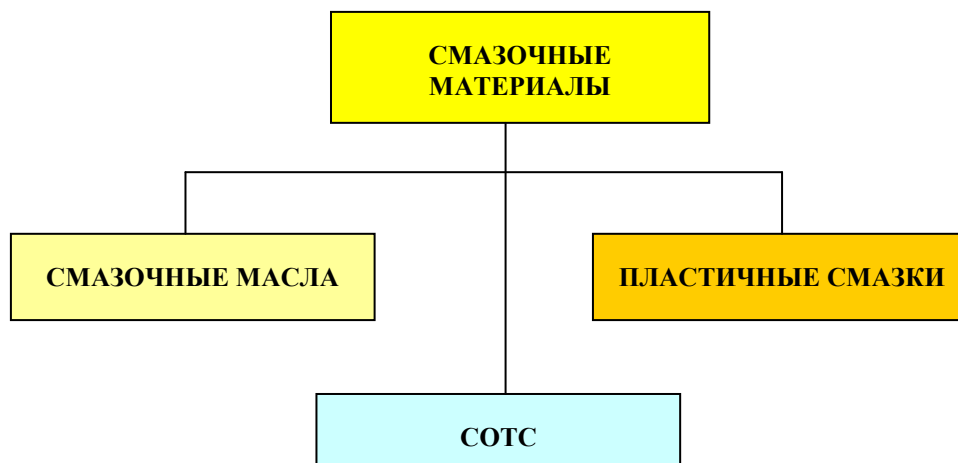


Рис.1. Классификация смазочных материалов

3.1.СМАЗОЧНЫЕ МАСЛА

Смазочное масло представляет собой масляную основу - базовое масло, в которую вводят присадки разного функционального назначения. Масла можно классифицировать по происхождению, способу получения и по назначению.

По происхождению все смазочные масла делят на нефтяные, или минеральные, синтетические и смешанные, содержащие в своем составе нефтяной и синтетический компоненты в разных соотношениях. Кроме того, нефтяные масла можно подразделить на дистиллятные, получаемые из вакуумных дистиллятов и остаточные, получаемые из остатков перегонки нефти - гудронов. По способу получения нефтяные масла подразделяются на масла, полученные кислотнo-щелочной, кислотнo-контактной, селективной очисткой, либо гидроочисткой. В последнее время широко применяются масла гидрокрекинга.

По назначению масла делятся на моторные, промышленные, трансмиссионные, компрессорные, турбинные, и другие. Моторные масла по объему производства и потребления уверенно занимают лидирующую позицию. Их производится более 55% от общего объема смазочных масел.

Вторую большую группу составляют индустриальные масла; объем их выпуска около 30%. Намного меньше производится трансмиссионных масел - около 10%. Общий объем выпуска всех остальных групп масел составляет около 5 %.

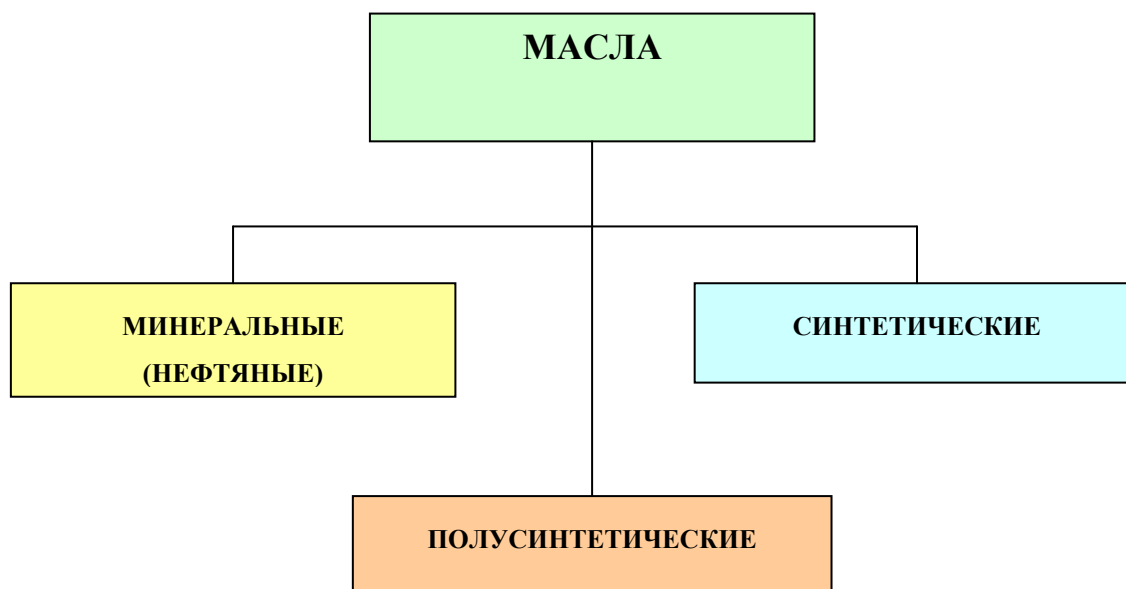


Рис.2. Классификация масел по происхождению

Моторные масла - это те смазочные масла, которые применяются в двигателях внутреннего сгорания для смазывания цилиндро-поршневой группы и подшипников коленчатого вала.

Индустриальные масла применяют для смазки машин и механизмов различного промышленного оборудования - редукторов станков, лебедок, направляющих скольжения, прокатных станов и др.

К трансмиссионным маслам относятся масла для смазывания, в первую очередь, трансмиссий автомобильной и автотракторной техники - коробки передачи, дифференциала, а также других высоконагруженных цилиндрических, конических, спирально-конических, гипоидных и др. зубчатых передач.

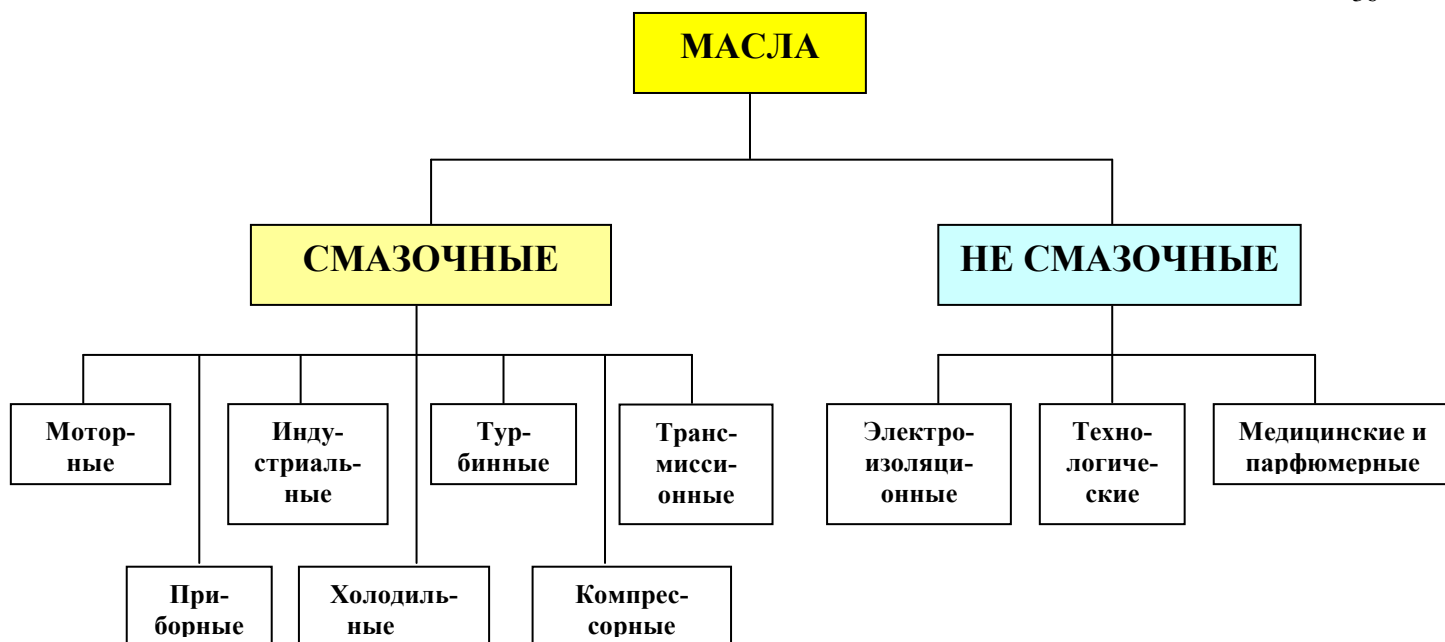


Рис.3. Классификация масел по областям применения.

Не зависимо от области применения смазочные масла выполняют следующие функции:

- уменьшают трение, возникающее между трущимися поверхностями сопряженных деталей;
- снижают износ и предотвращают задир;
- отводят тепло от трущихся деталей;
- защищают трущиеся поверхности от коррозионного воздействия внешней среды.

Кроме того, масла должны обладать:

- оптимальными вязкостно-температурными свойствами для облегчения запуска машин и механизмов при низких температурах окружающего воздуха, для снижения износа трущихся деталей и уменьшения потерь мощности машины или механизма на трение;
- хорошими смазочными свойствами для облегчения надежной смазки на всех режимах работы объекта;
- достаточной антиокислительной стойкостью, препятствующей значительному изменению химического состава масла в процессе его работы;
- хорошими моющими свойствами с целью снижения склонности к образованию отложений на нагретых металлических поверхностях и в системе смазки;
- высокими противокоррозионными свойствами по отношению к конструкционным материалам, особенно к цветным металлам и сплавам при рабочих температурах масла;

- удовлетворительными защитными свойствами для предохранения металлов от атмосферной коррозии прежде всего в период остановки машины или механизма.

Кроме этого, смазочное масло должно обладать: низкой испаряемостью, малой пенообразующей способностью и эмульгируемостью, не должно оказывать отрицательного воздействия на уплотнительные материалы, не отличаться высокой токсичностью и не подвергаться биоповреждениям, а также не вызывать загрязнения окружающей среды, не изменять своих свойств при хранении, легко транспортироваться и перекачиваться.

Основные показатели качества смазочных масел.

Важной характеристикой смазочных масел является **вязкость и вязкостно-температурные свойства.**

Вязкостью называют свойство жидкости оказывать сопротивление взаимному перемещению ее слоев под действием внешней силы. От вязкости масла зависит легкость пуска двигателя в холодную погоду, износ трущихся деталей, расход масла, а также мощность двигателя (потери на трение).

Различают динамическую, кинематическую и условную вязкость. Динамическая вязкость (η) измеряется в пуазах (Пз), размерность пуаза в системе СИ Па·с (кг/м·с). Чаще пользуются кинематической вязкостью (ν), числом равной отношению динамической вязкости нефтепродукта к его плотности

$$\nu = \eta / \rho,$$
 где η - динамическая вязкость, Па·с

ρ - плотность нефтепродукта, кг/м³.

Единицей кинематической вязкости является стокс (1 Ст = 1 см²/с), сотая его часть называется сантистоксом (1 сСт = 1 мм²/с).

Для оценки высоковязких темных продуктов пользуются условной вязкостью (ВУ), под которой понимают отношение времени истечения через стандартное отверстие вискозиметра определенного объема (например, 200 мл) испытуемой жидкости ко времени истечения такого же объема дистиллированной воды при 20°С. ВУ, также как и кинематическая, может быть определена при различных температурах. Для взаимного пересчета различных единиц вязкости пользуются формулами, таблицами и номограммами.

Вязкость жидких продуктов зависит от их температур выкипания. Чем выше температура кипения фракции, тем больше ее вязкость. Среди различных углеводородов наименьшую вязкость имеют парафиновые, наибольшую - ароматические углеводороды. Вязкость возрастает с увеличением числа циклов в

молекулах нафтеновых и ароматических углеводородов, а также с удлинением их боковых цепей. Абсолютное значение вязкости положено в основу классификации и маркировки смазочных масел. Так, например, моторные масла М-8 В и М-6₃/ 12 Г и компрессорное К-19 имеют кинематическую вязкость при 100°С соответственно 8, 12 и 19 мм²/с, а промышленные И-12А и ИГП-38 - кинематическую вязкость при 50°С соответственно 12 и 38 мм²/с.

Для определения вязкости жидких нефтепродуктов используются приборы, которые называются вискозиметрами. По принципу действия эти приборы делятся на три группы:

1. Капиллярные вискозиметры, основанные на определении текучести жидкости через капилляры - кинематическая вязкость.

2. Ротационные, основанные на измерении сопротивления сдвига относительно слоев жидкости и объемные - времени перемещения стандартного тела в объеме жидкости для определения динамической вязкости.

3. Вискозиметры, в которых измерение вязкости жидкости основано на измерении времени истечения стандартного объема жидкости к времени истечения такого же количества эталонного образца (например, воды) предназначены для измерения условной вязкости.

Для измерения вязкости топлив, масляных дистиллятов, масел и других светлых нефтепродуктов наибольшее распространение получили капиллярные вискозиметры. Для измерения вязкости темных нефтепродуктов пользуются условной вязкостью.

Особо важное значение при эксплуатации механизмов в широком интервале температур приобретает зависимость вязкости от температуры. При пуске холодного двигателя температура масла, как правило, равна температуре окружающей Среды. При работе двигателя температура масла возрастает и может превышать 100°С. Для облегчения пуска двигателя вязкость масла должна быть как можно меньше, а при работе прогретого двигателя желательно, чтобы вязкость была достаточно высокой для обеспечения жидкостного трения между его деталями. Вязкостно-температурные свойства смазочных масел оцениваются индексом вязкости (ИВ). Этот показатель определяется расчетным путем при известных кинематических вязкостях при 40 и 100°С. Чем меньше меняется вязкость масла с изменением температуры, тем выше его индекс вязкости. Индекс вязкости зависит от углеводородного состава. Наибольшим индексом вязкости обладают парафиновые углеводороды, наименьшим полициклические конденсированные нафтеновые и нафтоароматические углеводороды.

Смазочная способность. Основными функциями нефтяных масел являются снижение трения между твердыми поверхностями движущихся деталей,

уменьшение износа и предотвращение задира, заедания и сваривания металлических поверхностей. Под смазочной способностью следует понимать способность масел обуславливать малое сопротивление контактирующих поверхностей тангенциальным силам сдвига и высокое сопротивление сближению их под действием нормальной нагрузки. Различают два основных режима трения, в которых проявляется действия масел - жидкостной гидродинамический) и граничный. В условиях жидкостного трения трущиеся поверхности разделены непрерывным слоем смазочного материала, в условиях граничного трения - его тонкой (0,1 - 0,5 мкм) и неравномерной пленкой. В реальных условиях в большинстве случаев трение бывает смешанным: и жидкостным, и граничным.

При жидкостном трении основную роль в проявлении антифрикционного действия масла играют состав и строение входящих в него углеводородов, при граничном трении этот эффект зависит прежде всего от состава растворенных в масле природных поверхностно-активных веществ (ПАВ) и специально вводимых добавок. В условиях граничной смазки микронеровности металлических поверхностей приводят к деформации отдельных микроучастков или отрыву микрочастиц металла при перемещении поверхностей

Таким образом, смазочное действие масел зависит от многих физических, физико-химических и химических явлений и обусловлено процессами адсорбции и хемосорбции на поверхностях твердого тела и их модифицированием.

Стабильность к окислению кислородом воздуха является одним из важнейших показателей эксплуатационных свойств масел. Особенно важен этот показатель для моторных и других нефтяных масел, многократно прокачиваемых через узлы трения (циркуляционная система смазки) или предназначенных для длительного применения без замены и дозаправки. Исследованию окисления нефтяных масел и решению многих важных проблем посвящены фундаментальные работы Н.И.Черножукова, С.Э.Крейна и К.И.Иванова.

При окислении масел в условия эксплуатации увеличивается их кислотность и ухудшаются другие эксплуатационные свойства. Первое обусловлено накоплением в маслах низко- и высокомолекулярных кислот. Низкомолекулярные кислоты вызывают повышенную коррозию металлов, особенно цветных. Повышение кислотности масел за счет высокомолекулярных кислот (до 3-5 мг КОН/г) может и не влиять на коррозию и износ смазываемых деталей. Химическая активность высокомолекулярных кислот проявляется только при повышенных температурах и попадании в масло воды. В этих условиях они взаимодействуют с гидроокисью железа, образуя соли, выпадающие в осадок и катализирующие первичные реакции окисления. Накопление кислородсодержащих продуктов вызывает нежелательный рост электропроводности электроизоляции

онных масел. Высокомолекулярные продукты окисления (смолы, асфальтены и др.) плохо растворяются в маслах и являются причиной образования на металлических поверхностях лаковых пленок, нагаров и углистых отложений, вызывающих пригорание и потерю подвижности поршневых колец, а также перегрев деталей двигателя. При этом увеличивается износ цилиндро-поршневой группы двигателя; осадки и углистые отложения (размер частиц может достигать 1-2 мм) забивают фильтры и форсунки, вязкость масла повышается, что затрудняет его доступ к узлам трения.

Окисление масел ускоряется при повышенных температурах, каталитическом воздействии некоторых металлов (меди, свинца и др.), автокаталитическом воздействии продуктов окисления и т.п. Масла окисляются в объеме (в картере двигателя и т.п.) и в тонком слое (на поверхности подшипников, колец, поршней, шестернях и др.). В результате окисления тонких пленок масел на нагретых деталях двигателя на поверхности металла образуются лаковые пленки. Лакообразование обычно начинается при 230 - 260 °С и достигает максимума при 300 - 320 °С. При более высокой температуре происходит термическое разложение лаковой пленки с выделением газообразных продуктов. Интенсивность лакообразования определяется температурой, составом масла и металла. В связи с этим в условиях повышенных температур и каталитического воздействия металлов обычно говорят о *термоокислительной стабильности* масел. Устойчивость масел к окислению в объеме называют иногда *химической стабильностью*. Основные закономерности окисления масел в объеме и в тонком слое при температурах до 250°С близки. Более высокие температуры вызывают глубокие термоокислительные превращения углеводородов и усиленное образование летучих продуктов.

Об окислении масел при эксплуатации судят по изменению кислотного числа, накоплению осадков и другим показателям (см. приложение 2). Наиболее резко кислотность и содержание осадков увеличивается в первые часы работы двигателя на свежем масле. В дальнейшем свойства масла стабилизируются, способствует фильтрование и центрифугирование, периодический долив свежего масла и другие факторы. Процесс окисления эффективно тормозится смолистыми веществами, содержание которых в маслах регулируется глубиной их очистки. В промышленной практике стабильность масла повышают введением антиокислительных присадок.

Коррозионные и защитные свойства. Надежность и долговечность работы машин и механизмов во многом определяются эффективностью защиты металлических поверхностей от коррозии. Отсутствие коррозионного воздействия на металлы и защита их от коррозионно-агрессивных компонентов

внешней Среды - требования ко всем нефтяным маслам. Особенно высоки эти требования к консервационным маслам, специально предназначенным защиты машин и оборудования от атмосферной коррозии. Под слоем смазочного материала могут протекать химическая и электрохимическая коррозия металла.

Химическая коррозия - это взаимодействие металла с коррозионно-агрессивными компонентами Среды и смазочного материала, приводящие к его разрушению не сопровождающиеся возникновением в металле электрического тока. Применительно к химической коррозии говорят о коррозионных свойствах масел, т.е. их способность вызывать (коррозионная агрессивность) или предотвращать (противокоррозионные свойства) коррозию металлов при повышенных температурах. Характерными особенностями химических процессов, протекающих на поверхности металла, являются зависимость их скорости от температуры и сопровождение их выделением или поглощением тепла.

Электрохимическая коррозия - это разрушение металла при взаимодействии с коррозионной средой (электролитом), сопровождающееся возникновением в металле электрического тока. Скорость электрохимической коррозии контролируется работой микрогальванических пар на поверхности металла и зависит от разности потенциалов ее катодных и анодных участков. При электрохимических процессах продукты реакции отводятся с поверхности металла вглубь смазочного материала; ионизация атомов металла (анодный процесс) и ассимиляция образующихся в металле избыточных электронов деполяризатором (катодный процесс) протекают в результате пространственного разделения участков реакции не одновременно. Применительно к электрохимической коррозии говорят о защитных свойствах масла, т.е. о способности его тонкого слоя защищать металл от коррозионного воздействия внешних факторов (прежде всего электролитов).

Коррозионное действие масел в отличие от их защитной способности проявляется при повышенных температурах (от 80 до 300°С) и контактировании металла с объемом масла, в котором водный электролит отсутствует или его количество крайне незначительно. Способствуют коррозии также вторичные продукты окисления и термодеструкции масел.

В последние годы к нефтяным маслам различного назначения предъявляют повышенные требования по защитным свойствам. В основе высокого защитного действия лежит способность масел быстро вытеснять воду с поверхности металла, удерживать ее в объеме смазочного материала и образовывать на нем прочные адсорбционные и хемосорбционные пленки, препятствующие развитию электрохимических процессов. Базовые нефтяные масла не способны длительно защищать металлы от электрохимической коррозии. Их защит-

ные свойства улучшают введением 3-5% ингибиторов коррозии (окисленных парафинов и церезинов, нитрованных масел, сульфонатов, сукцинимидов и др.).

Моющедиспергирующие свойства характеризуют способность масла обеспечивать необходимую чистку деталей двигателя, поддерживать продукты окисления и загрязнения во взвешенном состоянии. Чем выше моющедиспергирующие свойства масел, тем больше нерастворимых веществ – продуктов старения может удерживаться в работающем масле без выпадения в осадок, и меньше лакообразных отложений и нагаров образуется и остается на горячих деталях. Для уменьшения или предупреждения образования углеродистых отложений в моторные масла вводят специальные поверхностно-активные вещества (ПАВ), называемые моющедиспергирующими присадками. К их числу относятся сульфонаты, феноляты, салицилаты металлов (преимущественно бария, кальция и магния), а также беззольные соединения (сукцинимиды, различного рода сополимерные продукты и др.).

Моющедиспергирующие присадки адсорбируются на металлической поверхности, формируя на ней двойной электрический слой. Этот слой обладает экранирующим действием и препятствует образованию отложений. Участие молекул моющедиспергирующих присадок в поверхностных процессах, результатом которых является снижение склонности к образованию отложений, принято условно называть собственно моющим действием, а присадки – моющими присадками.

Моющие присадки проявляют разную эффективность действия по разным направлениям. Одна присадка не способна обеспечить требуемый уровень моющих свойств. Поэтому в современных моторных маслах используют сочетания моющих присадок, отличающихся по характеру действия. Как правило композиции присадок в отечественных моторных маслах высокого уровня качества включают в свой состав одну – две зольные моющие присадки и одну – две беззольные.

Для оценки моющего действия, а также для получения наиболее полного представления об уровне моющих свойств масел используют различные методы. Из них самыми распространенными в отечественной практике являются методы определения моющего потенциала и моющих свойств на установке ПЗВ.

Основу смазочных нефтяных масел, как правило, составляют высококипящие фракции нефти с пределами выкипания 300-500°С. Повышенная испаряемость масел, т.е. потеря маслом легких фракций, наблюдается преимущественно при его работе. Помимо повышения взрывоопасности высокая испаря-

емость масла ведет к его повышенному расходу. Испаряемость регламентируется фракционным составом масла и температурой вспышки.

Температура вспышки характеризует содержание в масле легких фракций: чем она ниже, тем при более низкой температуре выкипают первые фракции. Из двух равновязких масел лучшими эксплуатационными свойствами (большим индексом вязкости и высокой антиокислительной стабильностью) обладает масло с более узким пределом выкипания.

Низкотемпературные свойства масел характеризуются температурой застывания и вязкостью при низких температурах.

Температурой застывания называют ту температуру, при которой масло теряет свою подвижность. Потерю подвижности могут обуславливать две причины: 1-я – это значительное повышение вязкости при понижении температуры; 2-я – образование структурного каркаса кристаллов твердых углеводородов, выделяющихся при охлаждении. Этот показатель имеет значение при транспортировке и применении масла в зимних условиях.

Вязкость при низких температурах, в частности при минус 18°С влияет на пусковые свойства, в основном, моторных и трансмиссионных масел.

Коксуемость оценивает склонность масел к нагарообразованию. Этот показатель характеризует степень очистки масел от асфальтово смолистых веществ. Присутствие присадок увеличивает этот показатель.

3.1. КЛАССИФИКАЦИИ И СИСТЕМЫ ОБОЗНАЧЕНИЯ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ.

Все смазочные масла маркируются согласно установленных стандартов Российской Федерации. Различные классы масел обозначаются, как правило, по первой букве наименования класса. Например, моторные масла обозначаются буквой «М,» индустриальные - буквой «И», трансмиссионные - буквой «Т», толодильные – буквой «Х», компрессорные – буквой «К» и т.д.

Моторные масла. Согласно ГОСТ 17479.1-85 РФ в основу классификации моторных масел положены класс вязкости при 100°С (табл.3.1.) и группа двигателя по эксплуатационным свойствам (табл. 3.2.). Моторные масла подразделяют на восемь классов от 6 до 24 в зависимости от кинематической вязкости масла при 100°С и на четыре класса по вязкости при –18°С для базовой основы зимних и всесезонных масел. Кроме того, определены десять классов вязкости загущенных масел для зимнего и всесезонного применения (табл.3.1.) в зависимости от кинематической вязкости при 100 °С и -18 °С.

По эксплуатационным свойствам двигателя подразделяются на группы, обозначенные буквами А, Б, В, Г, Д и Е с индексами 1 или 2 (табл.3.2.).

Система обозначения моторных масел включает несколько знаков разделенных дефисом: букву М (моторное), цифру или две цифры через дробь, характеризующую класс вязкости и букву с индексом, обозначающую принадлежность к группе двигателя по эксплуатационным свойствам. Индекс 1 указывает, что данное масло предназначено для бензинового двигателя, 2 – дизеля. Если после буквы индекс не проставлен, то это означает, что масло универсальное.

Значения кинематической вязкости, мм ² /с при:		КЛАССЫ ВЯЗКОСТИ	
		ГОСТ 17479.1-85	SAE J300
100⁰С	- 18⁰С, не более		
5,6 – 7,0		6	20
7,0 - 9,2		8	20
9,3 – 11,5		10	30
11,5 – 12,5		12	30
12,5 – 14,5		14	40
14,5 – 16,3		16	40
16,3 - 21-9		20	50
16,3 - 21-9		24	60
		-	0W
<3,8	1250	3₃	5W
<4,1	2600	4₃	10W
<5,1	6000	5₃	15W
<5,6	10400	6₃	20W
7,0 – 9,3	1250	3₃ /8	5W-20
5,6 – 7,0	2600	4₃ /6	10W-20
5,6 – 7,0	2600	4₃ /8	10W-20
9,3 – 11,5	2600	4₃ /10	10W-30
9,3 – 11,5	6000	5₃ /10	15W-30
11,5 – 12,5	6000	5₃ /12	15W-30
12,5 – 14,5	6000	5₃ /14	15W-40
9,3 – 11,5	10400	6₃ /10	20W-50
12,5 – 14,5	10400	6₃ /14	20W-40
14,5 – 16,3	10400	6₃ /16	20W-40

ГРУППА ДВИГАТЕЛЯ	обозначения			
	ГОСТ 17479.1		API	
	Бензино- вый	Дизель	Бензино- вый	Дизель
Нефорсированные	A ₁	A ₂	SB*	-
Малофорсированные	B ₁	B ₂	SC*	CA*
Среднефорсированные	B ₁	B ₂	SD*	CB*
Высокофорсированные	Г ₁	Г ₂	SE*	CC*
Высокофорсированные с турбонаддувом	Д ₁	Д ₂	SF*	CD*
Дизельные двигатели с лубликатной системой смазки	-	E	-	CE
			SH	CF
			SJ	CG
			SL	CH

*) С 2002 указанные группы масел исключены из стандарта API

Зачастую у потребителя масел возникает необходимость решения вопросов взаимозаменяемости моторных масел, когда необходимо для отечественного автомобиля подобрать масло зарубежного производителя и наоборот. Общепринятой в международном масштабе стала классификация масел по вязкости Американского Общества инженеров автомобилистов **SAE** в частности SAE J300. Соответствие классов вязкости по ГОСТ и SAE приведено в табл. 3.1. Уровень эксплуатационных свойств и области применения большинство производителей моторных масел указывают по классификации **API** – Американского института нефти. По классификации API моторные масла делят на две категории «S» (Service) – масла для бензиновых двигателей и «C» (Commercial) – масла для дизелей. Группа двигателя обозначается буквой латинского алфавита следующей за буквой обозначающей категорию, например SF, SG или CC, CD, CF и т.д. Для универсальных масел через дробь указываются обе категории – SF/CC, SH/CF и т.д. В табл. 3.2. приведено соответствие групп двигателя по ГОСТ и классификации API. С 2002 года из стандарта API были исключены масла категорий до SH и CD.

Трансмиссионные масла

Трансмиссионные масла предназначены для смазывания узлов трения агрегатов трансмиссий автомобилей, автотракторной техники, тепловозов, до-

рожно-строительной техники, а также различных зубчатых редукторов промышленного оборудования. Готовятся трансмиссионные масла на базе нефтяных, синтетических либо смешанных базовых основ, путем добавления присадок до требуемого уровня качества товарного масла. Трансмиссионные масла работают в режимах высоких скоростей скольжения, давлений и широком диапазоне температур. Их пусковые свойства и работоспособность должны обеспечиваться в интервале температур от -60 до $+150^{\circ}\text{C}$. Поэтому к ним предъявляются довольно жесткие требования. В основу классификаций трансмиссионных масел положен класс вязкости при 100°C и группа трансмиссии в зависимости от нагруженности.

Группы вязкости:

SAE	75W(75)	80W(80)	85W(85)	90	140	250
MIL-L	75W		80W-90		85W-140	
ν при 100°C ,						
мм ² /с	> 4	> 7	> 11	13-24	24-41	> 41
ГОСТ	-	9	12	18	34	-

Группы трансмиссий:

T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	-
GL-1	GL-2	GL-3	GL-4	GL-5	GL-6

Обозначения некоторых распространенных трансмиссионных масел:

Старое	Новое по ГОСТ 17479.2-85	Зарубежный аналог
ТС-14,5	ТМ-1-18	90 GL-1
ТС-10	ТМ-3-9	80W GL-3
ТАП-15В	ТМ-3-18	90 GL-3
ТАД-17И	ТМ-5-18	85W GL-5

Индустриальные 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 индустриальных масел.

Эксплуатационные свойства индустриальных 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 индустриальных 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% [5.9]. Столь широкий ассортимент обусловлен многообразием промышленного оборудования и спецификой его работы.

Индустриальные масла общего назначения

Индустриальные 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 кеттонных 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 [5.11].
- 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.

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

Показатели	И-5А	И-8А	И-12А	И-12А ₁	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	И-ЛГ-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	140(120)	150(130)	170	165	200(180)	210(200)	220(200)	225 (215)
застывания, не выше	-18	-15	-15	-30	-15	-15	-15	-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 (см. табл. 5.2).

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.

Масла серии ИГП производятся в течение 30 лет на всех масляных заводах России, первоначально в качестве аналогов импортных масел для обеспечения работы оборудования АвтоВАЗа и КАМАЗа, затем для заводов машиностроения.

Коррозионное воздействие на медь	-	-	-	-	-	-
Антикоррозионные свойства:						

Фильтруемость – один из важнейших показателей эксплуатационных свойств гидравлических масел. Различными исследованиями установлено, что более 80% от всех неполадок в гидравлических системах вызвано загрязнением гидравлических масел, которые образуются при их производстве (пыль, ржавчина, волокна и т.д.), а также в результате старения гидравлических масел при эксплуатации гидравлических систем.

В третью группу входят легированные масла с вязкостью при 50⁰С от 16,5 до 40 мм²/с. Это масла ИГСп-18, ИГСп-38, ИГСп-38д, содержащие дополнительно противозадирную и деэмульгирующую (для масла ИГСп-38д) присадки, их используют в гидравлических системах, которые эксплуатируются при повышенных рабочих давлениях (>35 МПа). Кроме того, эти масла могут применяться для смазывания направляющих скольжения станков.

Характеристика масел И-Г-С(д)

Наименование показателя	Значение для марки			
	И-Г-С-32(д)	И-Г-С-46(д)	И-Г-С-68(д)	И-Г-С-100(д)
1. Внешний вид	Однородная прозрачная жидкость			
2. Вязкость кинематическая при 40 ⁰ С, мм ² /с	29,0-35,0	41,0-51,0	61,0-75,0	90,0-110,0
3. Индекс вязкости, не менее	90	90	90	90
4. Массовая доля золы, %, не более	0,2	0,2	0,2	0,2
5. Плотность при 20 ⁰ С, кг/м ³ , не более	875	880	885	895
6. Кислотное число, мг КОН на 1 г масла, не более	1,0	1,0	1,0	1,0
7. Содержание механических примесей	Отсутствие			
8. Содержание воды	Следы			
9. Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, ⁰ С, не ниже	190	200	210	215
10. Температура застывания, ⁰ С, не выше	Минус 15	Минус 15	Минус 15	Минус 12
11. Цвет, единицы ЦНТ, не более	2,5	3,0	3,5	4,5
12. Массовая доля цинка, %, не менее	0,025	0,025	0,025	0,04
13. Массовая доля общей серы, %, не более	0,9	0,9	0,9	1,0
14. Коэффициент фильтруемости, не выше	1,0	1,0	1,0	1,0

15.Коррозионное воздействие на металлы, балл, не более	2с	2с	2с	2с
16.Трибологические характеристики, определяемые на четырехшариковой машине: показатель износа, Ди, мм, не выше	0,40	0,40	0,40	0,40

Четвертую группу составляют легированные масла, получаемые загущением вязкостными присадками маловязких очищенных и глубокоочищенных нефтяных масел из сернистых нефтей селективной очистки. Это масла И-Г-Д-38(з), И-Г-Д-68. Используют их в двигателе привода стана для прокатки алюминия, в приводе шагового двигателя, в гидроперфораторах, экскаваторах, дуговых печах и др. Например, для смазывания привода шагового двигателя в фасонно-шлифовальном станке (И-Г-Д-32(з) и самоходных бурильных установок с гидравлическими перфораторами, буровых станков, шахтных бурильных установок и вспомогательных машин для подземных и открытых горных работ (И-Г-Д-68(з)).

Масла для направляющих скольжения станочного оборудования

Легированные масла для направляющих скольжения ИНСП на базе дистиллятных остаточных и смеси дистиллятных и остаточных масел из сернистых нефтей селективной очистки, содержащие противоскачковую, противозадирную, адгезионную, солибилизирующую и антипенную присадки, используют для смазывания направляющих скольжения и качения металлорежущих станков, передач ходовой винт-гайки станков особой высокой точности с программным управлением, тяжелых и других, где требуется равномерность медленных перемещений, точность и чувствительность установочных перемещений, столов, суппортов, ползунов, бабок, стоек и других узлов; а также где необходимо снизить уровень коэффициента трения в статических и кинетических условиях.

Легированные универсальные масла И-ГН-Е (табл. 5.6) производят

Масла для тяжело нагруженных узлов

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

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

Масла для прокатных станов

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 глубокоочищенные дистиллятные и остаточные масла селективной очистки, в основном из сернистых нефтей с включением присадок, улучшающих защитные, антиокислительные, деэмульгирующие и антипенные свойства.

Масло И-100Р(с) (см. табл. 5.7) кроме того с улучшенными противозадирными и депрессорными свойствами.

Масла для зубчатых передач промышленного оборудования (редукторные)

Учитывая условия эксплуатации средне- и тяжело нагруженных 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 редуторных масел и взамен масел ИСП, ИСПи, ИТП, ИРп разработаны масла серии И-Т-Д (табл.5.8) 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 ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МАСЕЛ.

Принятые классификации промышленных масел основана 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 80⁰С.

Группа Б и соответствующая группа НL по ISO – масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками. Предназначены для средненапряженных гидросистем с различными насосами, работающими при давлениях до 2,5 МПа и температуре масла в объеме свыше 80⁰С.

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 90⁰С.

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 40⁰С.

1. Классы вязкости промышленных масел по ISO-3448-75:

Класс вязкости	$\nu_{40}, \text{мм}^2/\text{с}$	Класс вязкости	$\nu_{40}, \text{мм}^2/\text{с}$
2	1,9 - 2,5	68	61 - 75
3	3,0 - 3,5	100	90 - 110
5	4,0 - 5,0	150	135 - 165
7	6,0 - 8,0	220	198 - 242
10	9,0 - 11,0	320	288 - 352
15	13,0 - 17,0	460	414 - 506
22	19,0 - 25,0	680	612 - 748
32	29,0 - 35,0	1000	900 - 1100
46	41,0 - 51,0	1500	1350 - 1650

2. Группы промышленных масел по назначению:

Группа	Соответствие группы по ISO 6743/0 - 84	Область применения
Л	Ф	Легконагруженные узлы (шпиндели, подшипники и сопряженные с ними соединения)
Г	Н	Гидравлические системы
Н	Г	Направляющие скольжения
Т	С	Тяжелонагруженные узлы (зубчатые передачи)

Подгруппы промышленных 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
E	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 промышленных 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.

5. ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

Пластичные смазки – распространенный вид смазочных материалов, представляющих собой высокоструктурированные тиксотропные дисперсии твердых загустителей в жидкой среде. Как правило, смазки – это трехкомпонентные коллоидные системы, содержащие дисперсионную среду – жидкую основу (70-90%), дисперсную фазу – загуститель (10-15%), модификаторы структуры и добавки – присадки, наполнители (1-15%). В качестве дисперсионной среды смазок используют масла нефтяного и синтетического происхождения, реже их смеси. К синтетическим маслам относятся кремнийорганические жидкости – полисилоксаны, сложные эфиры, полигликоли, фтор- и хлорорганические жидкости. Их применяют преимущественно для приготовления смазок, которые используют в высокоскоростных подшипниках, работающих в широких диапазонах температур и контактных нагрузок. Для более эффективного использования смазок и регулирования их эксплуатационных свойств, например низкотемпературных, смазочной способности, защитных свойств, применяют смеси синтетических и нефтяных масел.

Загустителями служат соли высокомолекулярных жирных кислот – мыла, твердые углеводороды – церезины, петролатумы и некоторые продукты неорганического (бентонит, силикагель) или органического (пигменты, кристаллические полимеры, производные карбамида) происхождения. Наиболее распространенные загустители – мыла и твердые углеводороды. Концентрация мыль-

ного и неорганического загустителя обычно не превышает 15%, а концентрация твердых углеводов доходит до 25%. Для регулирования структуры и улучшения функциональных свойств в смазки вводят добавки (присадки и наполнители).

Присадки – поверхностно-активные вещества, улучшающие свойства смазок (противоизносные, противозадирные, антифрикционные, защитные, вязкостные и адгезионные, ингибиторы окисления, коррозии и другие. Многие присадки являются полифункциональными.)

Наполнители – это высокодисперсные, нерастворимые в маслах материалы, улучшают их эксплуатационные свойства. Наиболее распространены наполнители, характеризующиеся низкими коэффициентами трения: графит, дисульфид молибдена, тальк, слюда, нитрит бора, сульфиды некоторых металлов, и др.

По сравнению с маслами смазки обладают следующими достоинствами:

- 1) малый удельный расход (иногда в сотни раз меньший);
- 2) более простая конструкция машин и механизмов (что снижает массу, повышает надежность и ресурс работы);
- 3) более продолжительный период <<межсмазочных>> стадий;
- 4) значительно меньшие эксплуатационные затраты при обслуживании техники.

Смазки отличаются от жидких смазочных материалов:

- они не растрескиваются под действием собственной массы
- удерживаются на вертикальной поверхности и не сбрасываются инерционными силами с движущихся деталей.

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СМАЗОК

Смазки систематизируют по различным классификационным признакам: консистенции, составу и областям применения (назначению).

По консистенции смазки подразделяют на полужидкие, пластичные и твердые. Пластичные и полужидкие смазки представляют коллоидные системы, состоящие из масляной основы и загустителя, а также присадок и добавок, улучшающих различные свойства смазок. Твердые смазки до отверждения являются суспензиями, дисперсионной средой которых служит смола или другое связующее вещество и растворитель, а загустителем – дисульфид молибдена, графит, технический углерод и т. п. После отверждения (испарения растворите-

ля) твердые смазки представляют собой золи, обладающие всеми свойствами твердых тел, и характеризуются низким коэффициентом сухого трения.

По составу смазки делятся на четыре группы.

1. Смазки, для получения которых в качестве загустителя применяют соли высших карбоновых кислот (мыла). Их называют мыльными смазками и в зависимости от катиона мыла подразделяют на литиевые, натриевые, калиевые, кальциевые, бариевые, алюминиевые, цинковые и свинцовые смазки. В зависимости от аниона мыла большинство мыльных смазок одного и того же катиона подразделяют на обычные и комплексные. Чаще других применяют комплексные кальциевые, бариевые, алюминиевые, литиевые и натриевые смазки. Смазки на комплексных мылах работоспособны в более широком интервале температур. Кальциевые смазки в свою очередь подразделяют на безводные, гидратированные (солидолы), стабилизатором структуры которых является вода, и комплексные, адсорбционный комплекс которых образуется высшими жирными кислотами и уксусной кислотой. В отдельную группу мыльных смазок выделяют смазки на смешанных мылах, в которых в качестве загустителя используют смесь мыл (литиевокальциевые, натриевокальциевые и др.). Вначале указывают тот катион мыла, доля которого в загустителе большая.

Мыльные смазки в зависимости от применяемого для их получения

жирового сырья называют условно синтетическими (анион мыла – синтетические жирные кислоты) или жировыми (анион мыла – природные жиры), например, синтетические или жировые солидолы.

2. Смазки, для получения которых в качестве загустителя используют термостабильные с хорошо развитой удельной поверхностью высокодисперсные неорганические вещества, называют смазками на неорганических загустителях. К ним относят силикагелевые, бентонитовые, графитные, асбестовые.
3. Смазки, для получения которых используют термостабильные высокодисперсные с хорошо развитой удельной поверхностью органические вещества, называют смазками на органических загустителях. К ним относят полимерные, пигментные, полимочевинные, сажевые.
4. Смазки, для получения которых в качестве загустителей используют высокоплавкие углеводороды (церезин, парафин, озокерит, различ-

ные природные и синтетические воски), называют углеводородными смазками.

По областям применения смазки в соответствии с ГОСТ подразделяют на: **антифрикционные**, снижающие трение и износ в механизмах; **консервационные**, защищающие металлические изделия от коррозии; **уплотнительные**, герметизирующие зазоры в оборудовании и механизмах; **канатные**, используемые для смазывания стальных канатов. В свою очередь антифрикционные смазки подразделяют на смазки общего назначения для обычных и повышенных температур, многоцелевые, высокотемпературные, низкотемпературные, морозостойкие, отраслевые (автомобильные, железнодорожные, промышленные), специальные, приборные и т. п. Уплотнительные смазки подразделяют на резьбовые, арматурные, вакуумные и т. д.

5.2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СМАЗОК

Прочностные свойства. Частицы загустителя образуют в масле структурый каркас, благодаря которому смазки в состоянии покоя обладают пределом прочности на сдвиг. Предел прочности – это минимальная нагрузка, при приложении которой происходит необратимая деформация (сдвиг) смазки. Благодаря наличию предела прочности смазки не стекают с наклонных и вертикальных поверхностей, не вытекают из негерметизированных узлов трения. При приложении нагрузки, превышающей предел прочности, смазки начинают деформироваться, а при нагрузке ниже предела прочности они подобно твердым телам проявляют упругость.

Для определения предела прочности смазок предложены разные методы, основанные на осевом сдвиге коаксиальных цилиндров, на вырывании из смазки шурупа или пластины, на сдвиге смазки в оробренном капилляре и др. Наиболее распространенным методом является оценка прочности смазок на пластометре К-2. Сдвиг смазки осуществляется в специальном оробренном капилляре под давлением термически расширяющейся жидкости. Для большинства смазок предел прочности при температуре 20°С лежит в пределах 100 – 1000 Па.

Вязкостные свойства. Вязкость определяет прокачиваемость смазок при низких температурах, стартовые характеристики и сопротивление вращению при установившихся режимах работы, а также возможность заправки узлов трения. В отличие от масел вязкость смазок зависит не только от температуры, но и от градиента скорости сдвига. При увеличении скорости деформа-

ции вязкость резко снижается, поэтому обычно говорят об эффективной вязкости смазок при данном градиенте скорости и при постоянной температуре.

Увеличение концентрации и степени дисперсности загустителя приводит к повышению вязкости смазки. На вязкость смазки влияет также вязкость дисперсионной среды и технология их приготовления.

Для определения вязкости смазок используют капиллярные вискозиметры – АКВ-2 или АКВ-4, ротационные вискозиметры – ПВР-1 и реотесты.

Механическая стабильность (тиксотропные превращения смазок). При эксплуатации смазок в узлах трения уменьшаются их предел прочности и вязкость с последующим возрастанием этих показателей после прекращения механического воздействия. Такие дисперсные системы, самопроизвольно восстанавливающиеся, называют тиксотропными.

Тиксотропными свойствами обладают только такие смазки, которые после разрушения способны восстанавливаться.

Механическая стабильность смазок зависит от типа загустителя, размеров, формы и прочности связи между дисперсными частицами. Уменьшение размеров частиц загустителя (до определенных пределов) способствует улучшению механической стабильности смазок.

Оценка механической стабильности смазок основана на их разрушении в ротационном приборе – тиксометре (при стандартных условиях) – и определении изменения их механических свойств в процессе разрушения или непосредственно после его окончания. Механическая стабильность оценивается по специальным коэффициентам, которые рассчитывают по изменению предела прочности смазки на разрыв: K_p – индекс разрушения, K_v – индекс тиксотропного восстановления.

Пенетрация – это эмпирический показатель, лишенный физического смысла, не определяющий поведение смазок в условиях эксплуатации, но широко применяемый при нормировании их качества. Под пенетрацией понимают глубину погружения конуса (стандартного веса, в течение 5с) в смазку при 25°C. Например, если смазка имеет пенетрацию 260, то, значит, конус погрузился в нее на 26 мм. Чем мягче смазка, тем глубже в нее погружается конус и тем выше пенетрация. Смазки с различными реологическими свойствами могут иметь одинаковую пенетрацию, что приводит к неверным представлениям об эксплуатационных свойствах смазок. Пенетрация как быстро определяемый показатель в производственных условиях позволяет судить об идентичности рецептуры и соблюдении технологии изготовления смазки. Число пенетрации смазок колеблется.

Температура каплепадения – это минимальная температура, при которой падает первая капля смазки, нагреваемой в определенных условиях. Температура каплепадения является эмпирическим показателем, зависящим от условий определения. Она условно характеризует температуру плавления загустителя смазки, однако не позволяет правильно судить о ее высокотемпературных свойствах. Так, температура каплепадения литиевых смазок обычно 180 – 200°С, а верхний температурный предел их работоспособности не превышает 120 – 130°С.

Коллоидная стабильность смазок характеризует их способность в минимальной степени выделять масло при хранении и эксплуатации. Выделение масла может происходить самопроизвольно (под действием собственной массы смазки), а также ускоряться или замедляться под влиянием температуры и давления.

Коллоидная стабильность смазок зависит от степени совершенства структурного каркаса, которая, в свою очередь, определяется размерами, формой и прочностью связей структурных элементов. Значительное влияние на коллоидную стабильность смазок оказывает вязкость дисперсионной среды: чем выше вязкость масла, тем труднее ему вытекать из объема смазки.

Оценка коллоидной стабильности смазок основана на ускорении отделения масла при механическом воздействии, давлении центробежных сил, фильтровании под вакуумом и других факторов. Самым простым и удобным является механическое отпрессовывание масла из некоторого объема смазки, помещенной между слоями фильтровальной бумаги (прибор КСА). Коллоидная стабильность оценивается по объему масла, отпрессованного из смазки при комнатной температуре в течение 30 мин и выражается в процентах; для смазок она не должна превышать 30%.

Химическая стабильность. Под химической стабильностью обычно понимают стойкость смазок против окисления кислородом воздуха. Окисление приводит к разупрочнению, ухудшению коллоидной стабильности, понижению температуры каплепадения, смазочной способности и ряда других показателей.

Стабильность против окисления важна для смазок, заправляемых в узлы трения 1 – 2 раза в течение 10 – 15 лет, работают при высоких температурах, в тонких слоях и в контакте с цветными металлами. Медь, бронза, олово, свинец и ряд других металлов и сплавов ускоряют окисление смазок.

Оценка химической стабильности смазок основана на ускоренном окислении смазок под действием высоких температур и давлений (кислорода), а также в присутствии катализаторов. Показателями окисления являются изме-

нение к.ч., количество, скорость и индукционный период поглощения кислорода, изменение структуры и свойств смазок.

Имеется несколько способов повышения стойкости смазок против окисления. Это – тщательный подбор масляной основы, выбор типа и концентрации загустителя, варьирование технологией производства. Наиболее перспективный способ-введения в смазки _____ присадок.

Испаряемость. Когда смазка применяется в условиях высоких температур и ее смена производится редко, испаряемость смазок имеет большое значение. Высокая испаряемость может отрицательно сказываться на защитных свойствах слоя смазки при длительном хранении покрытых ею изделий, особенно в жарком климате.

Некоторые смазки работают в условиях вакуума, где процесс испарения идет особенно интенсивно. При отсутствии движения воздуха испаряемость замедляется, и в замкнутом пространстве (например, в металлических бидонах, банках) испарение практически не происходит.

При испарении масла смазки растрескиваются, на поверхности слоя появляются корочки; при сильном испарении остаются только мыла, образующие сухие слои, не обладающие защитными и антифрикционными свойствами. Испарение масла из низкотемпературных смазок ухудшает их морозостойкость; высохшие смазки не обеспечивают работу механизмов при низких температурах.

Испаряемость смазок зависит от фракционного состава масла, входящего в их состав. Значительно быстрее высыхают смазки, приготовленные на масле МВП, медленнее – приготовленные на маслах промышленных 12 и 20, еще медленнее – на тяжелых авиационных маслах МС-14, МС-20, МК-22 и др.

АССОРТИМЕНТ СМАЗОК

Ассортимент смазок включает более 200 наименований. Пластичные смазки практически не функциональны, т.е не взаимозаменяемы. Практически каждый узел, каждого отдельного агрегата требует своей смазки. Ассортимент смазок можно классифицировать по областям применения. Но даже в одной группе, нельзя придти к полной унификации смазок. Например, резьбовые смазки для дюймовой резьбы нельзя использовать для метрической и наоборот, и т.д.

Пластичные смазки имеют ряд преимуществ перед маслами: удерживаются в открытых узлах трения, имеют более продолжительный срок работы, ввиду меньшего расхода снижается общая стоимость использования смазочного

материала. К недостаткам пластичных смазок можно отнести их высокую стоимость, сложность производства и неуниверсальность.

4. Твердые углеводороды

К твердым углеводородам относятся товарные парафины и церезины получаемые из нефти.

Они нашли широкое применение в пищевой промышленности, медицине, радио- и электротехнической, химической и других отраслях.

Твердые нефтяные парафины представляют собой смесь углеводородов метанового ряда нормального строения с 18—35 атомами углерода в молекуле. Вещества кристаллического строения с температурой плавления 45—65 °С и молекулярной массой 300—400. Величина и форма кристаллов парафина зависят от условий его выделения: из нефти парафин выделяется в виде мелких тонких кристаллов, из нефтяных дистиллятов и дистиллятных рафинатов селективной очистки — в виде крупных кристаллов. При увеличении скорости охлаждения размеры выделяемых кристаллов уменьшаются.

Парафины инертны к большинству химических реагентов. Они окисляются азотной кислотой, кислородом воздуха (при 140 °С) и некоторыми другими окислителями с образованием смеси жирных кислот, аналогичных кислотам, которые содержатся в жирах растительного и животного происхождения. Это сходство позволяет использовать синтетические жирные кислоты вместо жиров растительного и животного происхождения в парфюмерной промышленности, при производстве смазок, и др. Парафин реагирует с хлором с образованием хлор-парафинов, являющихся сырьем для производства присадок к маслам.

Получают парафины путем депарафинизации и обезмасливания дистиллятного масляного сырья с использованием кетон-ароматических растворителей. В меньших масштабах производят твердые парафины обезмасливанием без растворителей — фильтр-прессованием охлажденного сырья с последующим потением полученного гача. Обезмасленные парафины для получения товарных продуктов подвергают очистке: сернокислотной, контактной, перколяционной, гидрогенизационной.

Твердые нефтяные парафины вырабатывают по ГОСТ 23 683—79 и по степени очистки подразделяют на высокоочищенные (марки Пи В), очищенные (марки Т и С) и неочищенные (марки Нс и Нв). В зависимости от областей применения устанавливают следующие марки парафинов.

П-1, П-2 и П-3 — высокоочищенные парафины, предназначенные для пищевой промышленности:

П-1—применяют при изготовлении тары и упаковочных материалов жесткой конструкции, имеющих соприкосновение с пищевыми продуктами и применяемых при повышенных температурах, а также в качестве составного компонента при изготовлении кондитерских изделий;

П-2 — используют для пропитки и покрытия гибкой упаковки пищевых продуктов, сохраняющей эластичность при пониженных температурах, а также в качестве компонента сплавов для покрытия деревянных, бетонных и металлических емкостей, предназначенных для хранения пищевых продуктов;

П-3 — применяют для изготовления эластичных покрытий, косметических препаратов, а также восковых составов для промышленной обработки битой птицы.

В1 В2, В3, В4, В5 — высокоочищенные парафины, предназначенные для использования в различных отраслях народного хозяйства, марку В5 применяют также для изготовления резиновых изделий.

Т и С — очищенные парафины технического назначения. Марку Т — применяют в химической, нефтехимической, текстильной, полиграфической, резинотехнической, деревообрабатывающей промышленности и других отраслях народного хозяйства. Марку С — применяют в нефтехимической промышленности для производства синтетических жирных кислот.

Нс и Нв — неочищенные парафины технического назначения: Нс применяют при изготовлении спичек и товаров бытовой химии, Нв — в качестве сырья для производства а-олефинов и в других отраслях народного хозяйства.

Твердые нефтяные парафины являются горючими веществами с температурой вспышки не ниже 160 °С и температурой самовоспламенения не ниже 300°С. Внешний вид высокоочищенных парафинов — кристаллическая масса белого цвета, очищенных (марки Т и С)—допускается слегка желтоватый оттенок, неочищенных (марки Нси Нв) — цвет от светло-желтого до светло-коричневого. Все парафины не должны иметь запаха и не должны содержать бенз-а-пирен.

Основные свойства товарных парафинов

Наименование показателя	П-1	П-2	В2	В3	В4	В5	Т-1	Т-2	Тз	С
1. Внешний вид	Кристаллическая масса белого цвета						Кристаллическая масса белого цвета, допускаются оттенки серого или желтого			

2. Температура плавления °С	Не ниже 54,0	Не ниже 52,0	52,0-54,0	54,0-56,0	56,0-58,0	58,0-62,0	52,0-58,0	52,0-56,0	50,0-56,0	45,0-52,0
3. Массовая доля масла,%, не более	0,45	0,80	0,45	0,45	0,45	0,45	1,80	2,30	3,00	2,20
4. Цвет, условные марки, не более	3	4	3	3	3	3	11	12	12	12

Церезины — смесь парафиновых углеводородов изомерного и нормально-го строения с числом атомов углерода в молекуле от 36 до 55. Вещества мелкокристаллической структуры с температурой плавления (каплепадения) 57°С и выше и молекулярной массой 500—700. В отличие от парафинов церезины обладают большей вязкостью и способностью загущать масло, что обусловлено их мелкокристаллической структурой. При добавлении церезина в парафины улучшаются загущающие свойства последних, что позволяет использовать такую смесь в производстве смазок. Устойчивость к химическим реагентам у церезина ниже, чем у парафина.

Церезины вырабатывают путем очистки и обезмасливания природных озокеритов, парафиновой пробки и петролатумов (продуктов депарафинизации, получаемых при производстве остаточных смазочных масел). В последнем случае технология получения аналогична технологии получения твердых парафинов. Получают церезины также синтезом оксида углерода и водорода.

Основные марки церезинов

Церезин (ГОСТ 2488—79) — смесь твердых углеводородов, получаемых кислотнo-контактной очисткой нефтяного неочищенного церезина, парафинистой пробки или их смеси в любом соотношении. Предназначен для получения смазок, восковых сплавов, изоляционных материалов и других целей. Стандарт не распространяется на церезин для пищевой промышленности. В зависимости от температуры каплепадения установлены следующие марки церезина: 65, 70, 75, 80.

Церезин синтетический высокоплавкий (ГОСТ 7658—74) — смесь твердых углеводородов метанового ряда, преимущественно нормального строения; получают синтезом оксида углерода и водорода. В зависимости от области применения выпускают высокоплавкий синтетический церезин марок: конденсаторный и 100.

5. Битумы

Битум с давних пор является одним из наиболее известных и важных строительных материалов. Благодаря своим адгезионным и гидрофобным свойствам он находит широкое применение в дорожном строительстве, изготовлении кровельных материалов, при строительстве фундаментов зданий и сооружений, прокладке трубопроводов.

Битум представляет собой чрезвычайно сложную смесь углеводородов и гетероорганических соединений разнообразного строения, в основном не выкипающую при температурах перегонки нефти. Идентификация всех составляющих битум соединений невозможна.

Групповой состав битума предопределяет его коллоидную структуру и реологическое поведение и тем самым - технические свойства, которые характеризуются условными показателями качества, определяемыми в стандартных условиях. Среди этих показателей важнейшие: **пенетрация** (глубина проникания иглы в битум), **температуры размягчения и хрупкости**, **дуктильность** (растяжимость) - способность битума растягиваться в нить. Некоторые показатели определяют как для исходного битума, так и для битума после прогрева, который имитирует процесс старения. Стандартами задаются определенные значения показателей качества, что отражает оптимальный состав битума. Этот состав может быть различным для разных областей применения битумов.

Дорожные битумы разделяют на вязкие и жидкие.

Вязкие битумы используют в качестве вяжущего материала при строительстве и ремонте дорожных покрытий. Основное количество таких битумов вырабатывается в России в соответствии с ГОСТ 22245-90, требования которого приведены в таблице.

Характеристики вязких дорожных битумов (ГОСТ 22245-90)

Показатели	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	БН 200/300 0	БН 130/200 0	БН 90/130 0	БН 60/90
Пенетрация, 0,1 мм, при температуре:									
25 °С	201-300	131-200	91-130	61-90	40-60	201-300	131-200	91-130	60-90
0 °С, не менее	45	35	28	20	13	24	18	15	10
Температура, °С:									
Размягчения, не ниже	35	40	43	47	51	33	38	41	45
Хрупкости, не выше	-20	-18	-17	-15	-12	-14	-12	-10	-6
вспышки, не ниже	220	220	230	230	230	220	230	240	240

Дуктильность, см, не менее при температуре:									
25 °С	-	70	65	55	45	-	80	80	70
0 °С	20	6,0	4,0	3,5	-	-	-	-	-
Изменение температуры размягчения после прогрева									
°С, не более	7	6	5	5	5	8	7	6	6
Индекс пенетрации	От -1,0 до +1,0					От -1,5 до +1,0			

В соответствии с ГОСТ 22245-90 вырабатываются вязкие битумы двух типов: БНД и БН. Все битумы маркируются по пенетрации при 25 °С. При равной пенетрации при 25 °С битумы БНД имеют более высокую температуру размягчения, более низкую температуру хрупкости и большие значения пенетрации при 0 °С, чем битумы БН. В то же время для битумов БНД устанавливаются требования по дуктильности при 0 °С, а требования по дуктильности при 25 °С менее строгие в сравнении с битумами БН. Требования к термостабильности битумов БНД более жесткие.

Рекомендации по применению зависят от типа битумов и их пенетрации при 25 °С. В первой дорожно-климатической зоне при среднемесячной температуре наиболее холодного времени года не выше -20 °С рекомендуется использовать битумы БНД 200/300, БНД 130/200, БНД 90/130; во второй и третьей зонах при температуре в пределах -10...-20 °С - битумы БНД 200/300, БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90; во второй, третьей и четвертой зонах при температуре -5...-10 °С - битумы БН 200/300, БН 130/200, БН 90/130, БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60; в четвертой и пятой климатических зонах при температуре не ниже +5 °С - битумы БН 90/130, БН 60/90, БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60.

Жидкие битумы предназначены для удлинения сезона дорожного строительства. В соответствии с ГОСТ 11955-82 их получают смешением вязких битумов БНД с дистиллятными фракциями - разжижителями. После укладки покрытия разжижитель постепенно испаряется. Применение жидких дорожных битумов не соответствует современным требованиям к энергосбережению и защите окружающей среды. Кроме того низкая температура вспышки предопределяет их пожароопасность.

Строительные битумы применяют при выполнении различных строительных работ, в частности для гидроизоляции фундаментов зданий.

Характеристики строительных битумов (ГОСТ 6617-76)

Показатели	БН 50/50	БН 70/30	БН 90/10
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	41-60	21-40	5-20

Температура, °С:			
Размягчения	50-60	70-80	90-105
Вспышки, не ниже	230	240	240
Дуктильность при 25 °С, см, не ниже	40	3,0	1,0

Кровельные битумы применяют для производства кровельных материалов. Их разделяют на пропиточные и покровные (соответственно для пропитки основы и получения покровного слоя).

Характеристики кровельных битумов (ГОСТ 9548-74)

Показатели	БНК 40/180	БНК-45/190	БНК 90/30
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	160-210	160-220	25-35
Температура, °С:			
Размягчения	37-44	40-50	80-95
хрупкости, не выше	-	-	-10
После прогрева:			
изменение массы, %, не более	0,8	0,8	0,5
пенетрация при 25°С, % от исходной, не менее	60	60	70
Примечание. Для всех битумов: температура вспышки не ниже 240 °С; для марки БНК-45/190 массовая доля парафина не более 5%.			

Изоляционные битумы используют для изоляции трубопроводов с целью защиты их от коррозии.

Характеристики изоляционных битумов (ГОСТ 9812-74)

Показатели	БНИ-IV-3	БНИ-IV	БНИ-V
Пенетрация, 0,1 мм, при температуре:			
25 °С	30-50	25-40	20-40
0 °С, не менее	15	12	9
Температура, °С:			
Размягчения	65-75	75-85	90-100
вспышки, не ниже	250	250	240
Дуктильность при 25 °С, см, не менее	4	3	2
Изменение массы после прогрева, %, не более	0,5	0,5	0,5
Массовая доля парафина, %, не более	4	-	-