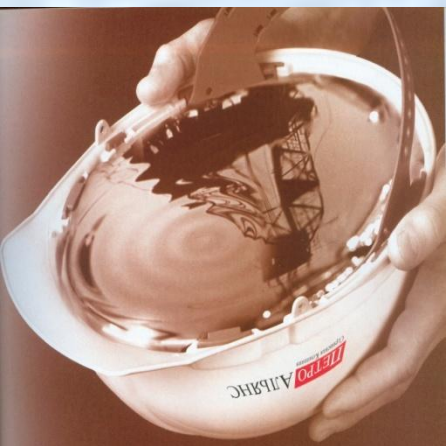


ВВЕДЕНИЕ

Нефть и газ - это не только источники 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 также 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 изучении основных свойств продуктов, получаемых из нефти и газа, их номенклатуры, условий применения в машинах и агрегатах, а также классификаций и ассортимента.

Состав и 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 %.



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.

Классификации нефтей

Нефти различных месторождений отличаются друг от друга по химическому составу, фракционному составу и физико-химическим свойствам.

В связи с тем, что именно свойства нефти определяют направление и условия ее переработки, влияют на качество получаемых нефтепродуктов, оказалось целесообразным объединить нефти различного происхождения по определенным признакам, т.е. разработать такую классификацию нефтей, которая отражала бы их химическую природу и определяла возможные направления их переработки.

Существуют различные классификации нефтей:

- по геохимическому происхождению,
- по физико-химическим свойствам,
- по фракционному и химическому составу,
- по направлению их переработки и возможностям получения тех или иных нефтепродуктов.

Рассмотрим некоторые виды классификации нефтей.

Классификация по физическим свойствам

На ранних этапах развития нефтяной промышленности определяющим показателем качества продуктов была плотность (ρ_{15}^{15}). В зависимости от плотности нефти подразделяли на:

- легкие ($\rho_{15}^{15} < 0,828$);
- утяжеленные ($\rho_{15}^{15} = 0,828 - 0,884$);
- тяжелые ($\rho_{15}^{15} > 0,884$).

В настоящее время этой классификацией пользуются при транспортировке нефтей, на узлах приема и сдачи нефтей, для приблизительной оценки качества нефтей при приеме нефтей на нефтеперерабатывающих заводах.

Химические классификации

Классификация, отражающая химический состав нефти , предложена в 60-х годах Грозненским нефтяным институтом (ГрозНИИ).

В основу этой классификации положено преимущественное содержание в нефти какого-либо одного или нескольких классов углеводородов. Различают нефти:

- парафиновые;
- парафино-нафтеновые, нафтеновые;
- парафино-нафтено-ароматические;
- нафтено-ароматические;
- ароматические.

Технологические классификации нефтей

В основу технологических классификаций положены признаки, имеющие значения для транспорта, технологии переработки нефтей или получения того или иного ассортимента продуктов. Классификация нефтей по технологическим признакам позволяет, с учетом физико-химических свойств нефти и ее фракций, определить в той или иной степени технологическую схему переработки конкретной нефти.

За рубежом принято большое количество разнообразных технологических классификаций. В России для нефтей, поступающих на переработку, пользуются технологической классификацией нефтей в соответствии с ГОСТ 912-66 (с 1967-1980 г) или ОСТ 38.1197 –80 (действует с 1980 г.) и техническими требованиями к нефтям в соответствии с ГОСТ 9965-76.

По содержанию серы нефти делятся на три класса:

До 0,6 % мас. – малосернистые;

От 0,61 до 1,8 % мас. – сернистые;

Свыше 1,8 % мас. – высокосернистые.

В зависимости от содержания парафина в нефтях и возможности получения из них топлива для реактивных двигателей, зимних или летних дизельных топлив и дистиллятных базовых масел без депарафинизации или с ее применением нефти делятся ***на три вида:***

П1 – нефти малопарафиновые, содержащие не более 1,5% парафина (с температурой плавления 50 °С),

П2 – нефти парафиновые, содержащие от 1,51 до 6,0 % масс. парафина,

П3 - нефти высокопарафиновые, содержащие более 6,0 % парафина.

Нефти типа П3 целесообразно использовать для производства парафина.

В зависимости от количества топливных фракций (фракций, выкипающих до 350 °С) нефти делятся на три типа:

- T_1 - до 55 %;
- T_2 - от 45 до 54,9 %;
- T_3 - меньше 45 %

В зависимости от потенциального содержания базовых масел на четыре группы:

- M_1 - более 25%;
- M_2 - от 20 до 24,9%;
- M_3 - от 15 до 19,9%;
- M_4 - меньше 15%.

В зависимости от индекса вязкости базовых масел на четыре подгруппы;

- I_1 - выше 95;
- I_2 - от 90 до 95;
- I_3 - от 85 до 90;
- I_4 - меньше 85.

В целях определения единого подхода к установлению **технических требований** к нефти, производимой нефтегазодобывающими организациями при подготовке к транспортированию по магистральным нефтепроводам, наливным транспортом для поставки потребителям Российской Федерации и на экспорт с 1 июля 2002 г. был введен в действие новый ГОСТ Р 51858-2002 "Нефть. Общие технические условия". Этот стандарт распространяется на нефти, подготовленные нефтегазодобывающими предприятиями к транспортированию и для поставки потребителям. В настоящем стандарте дается определение таким понятиям как **сырая нефть**: жидкая природная ископаемая смесь углеводородов широкого фракционного состава, которая содержит растворенный газ, воду, минеральные соли, механические примеси, и служит основным сырьем для производства жидких энергоносителей (бензина, керосина, дизельного топлива, мазута), смазочных масел, битума и кокса; и **товарная нефть**: нефть, подготовленная к поставке потребителю в соответствии с требованиями действующих нормативных и технических документов, принятых в установленном порядке.

Техническая классификация нефтей

В соответствии с новым ГОСТ Р 51858-2002 нефть подразделяют по физико-химическим свойствам, степени подготовки, содержанию сероводорода и легких меркаптанов на классы, в зависимости от массовой доли серы нефть подразделяют на следующие классы :

Класс нефти	Наименование	Массовая доля серы, %
1	Малосернистая	До 0,60 включительно
2	Сернистая	От 0,61 до 1,80
3	Высокосернистая	От 1,81 до 3,50
4	Особо высокосернистая	Свыше 3,50

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 400 °С. Для одних месторождений температура конца кипения газового конденсата может составлять 150-180 °С, для других быть более высокой 350-400 °С. Фракционирование газовых конденсатов позволяет получать из них компоненты моторных топлив - бензина (нк.- 180°С), дизельного (180 – 350°С) и авиакеросинов (150 – 250°С). 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 противоиных свойств. Поэтому они могут служить лишь компонентами указанных топлив.

Смесь «жирных» газов, таких как пропан и бутан может служить бытовым топливом для использования в баллонах под относительно невысоким давлением 0,8 – 1,5 МПа. Такие баллоны используются населением как для отопления, так и для газовых плит.

Широкое распространение в последние десятилетия получил перевод бензиновых двигателей на сжиженные газы, пропана и бутанов. При этом в автомобилях устанавливается специальное устройство для подготовки топливной смеси и топливные газовые баллоны.

Газовое топливо имеет преимущество перед жидким, в основном, за счет экологических свойств. Грузовые автомобили с такими баллонами вместо бензобаков можно давно уже увидеть в крупных городах.

Общая классификация продуктов нефтегазопереработки



НЕФТЯНЫЕ ТОПЛИВА

Общая классификация нефтяных топлив

Нефтяные и газовые топлива можно подразделить в зависимости от областей применения на:



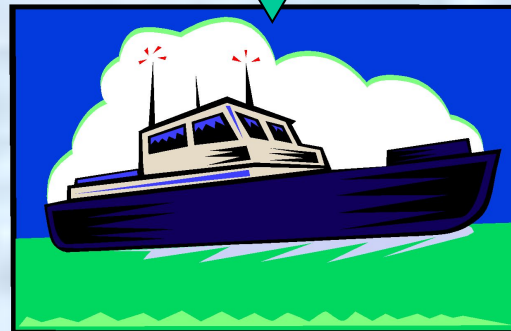
Авиационные

Топлива для
железнодорожного
транспорта



Энергетические

Автомобильные



Судовые

Преимущества жидких топлив

- **Высокая калорийность**
- **Низкая зольность**
- **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 |
| - 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).



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

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.

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.

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

Эксплуатационные свойства топлив

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.

Эксплуатационные свойства топлив

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

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

Эксплуатационные свойства топлив

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.

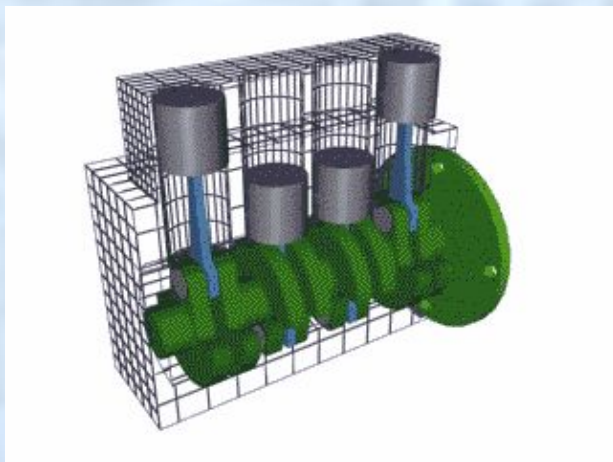
Охлаждающая способность определяет возможность топлива поглощать и отводить тепло от нагретых поверхностей при использовании топлива в качестве теплоносителя. Оценка свойств базируется на таких показателях качества, как теплоемкость и теплопроводность.

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.

Европейские требования к качеству топлив

Показатели	Euro 2 1993	Euro 3 1999	Euro 4 2005	Euro 5 2009
Автомобильные бензины				
Содержание аренов, % об. не более	-	42	35	
Содержание олефинов, % об.не более	-	18	18	
Содержание бензола, % об.не более	5,0	1,0	1,0	
Содержание оксигенатов, % об.не более	-	2,7	2,7	
Содержание серы, ppm (%), не выше	500(0,05)	150(0,015)	50(0,005)	10(0,001)
ДНп, кРа	35-100	60/70	60/70	60/70
Содержание свинца,%	0,013	Отс	Отс	Отс
Дизельное топливо				
Полиаренов, % об.не более	-	11,0	11,0	
Содержание серы, ppm (%), не выше	2000(0,2)	350(0,035)	50(0,005)	10(0,001)
Цетановое число, не менее	49	51	51	
Плотность, кг/м ³	820-860	845	845	
Температура конца кипения, °С	370	360	360	

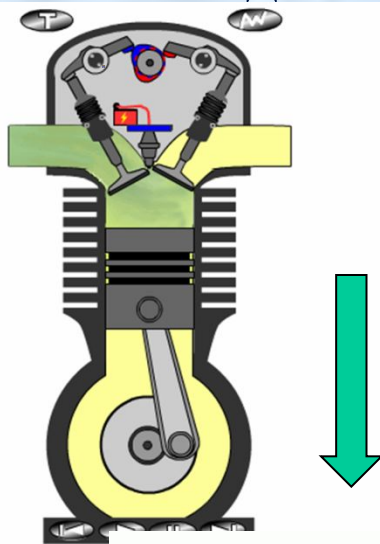
Топлива для двигателей с принудительным воспламенением



Эти топлива предназначены для поршневых двигателей с воспламенением от искры. Двигатель состоит из одного или нескольких цилиндров, представляющих собой камеру сгорания, внутри которой движется поршень. Поршень, посредством шатуна, соединен с коленчатым валом. Рабочие цилиндры установлены в блоке двигателя. На верхней части двигателя – головке блока имеются свечи зажигания и впускные и выпускные клапаны. Двигатель может состоять из одного или нескольких цилиндров.

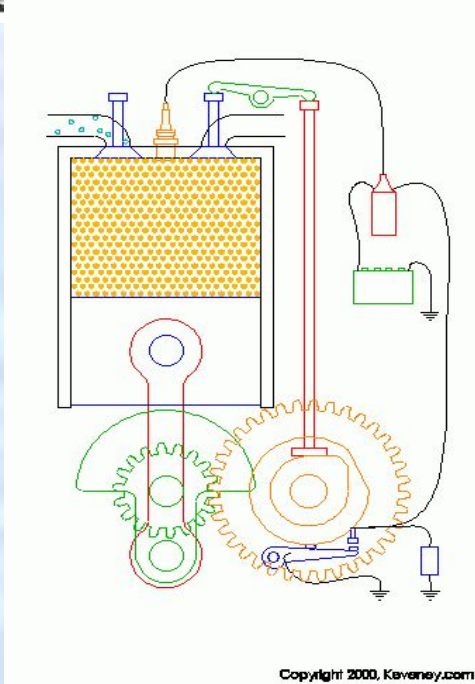
Чем до большей степени сжали топливно-воздушную смесь, т.е. чем больше отношение полного объема цилиндра к объему сжатия, тем большую работу совершат дымовые газы. Отношение полного объема цилиндра к объему сжатия называется - степень сжатия. Полный объем цилиндра достигается тогда, когда поршень находится 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.

Рассмотрим четыре основных такта работы такого двигателя на примере одного цилиндра



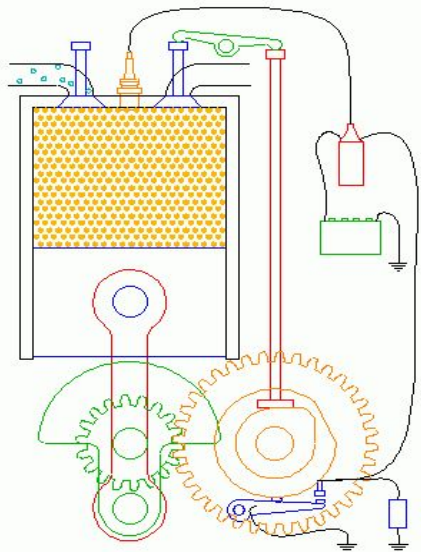
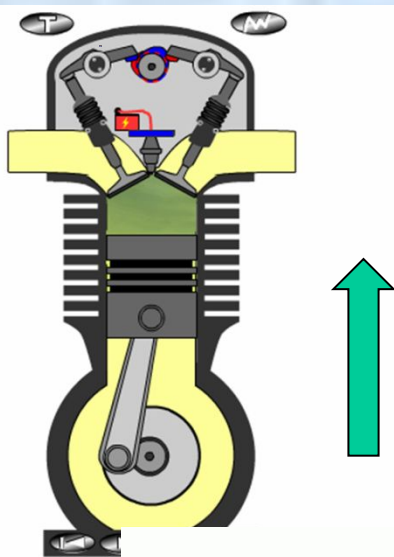
Первый такт – всасывание:

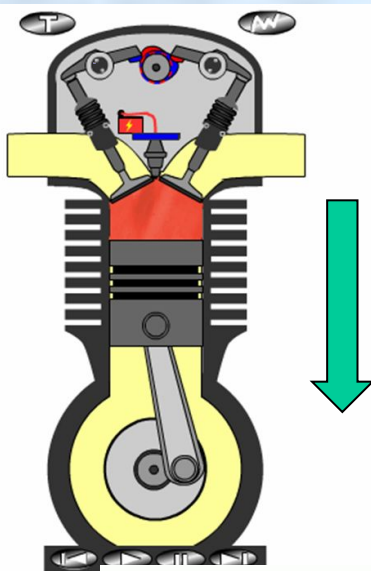
поршень из в.м.т. движется вниз, впускной клапан открыт, выпускной закрыт. За счет создаваемого разрежения, в цилиндр поступает топливная смесь.



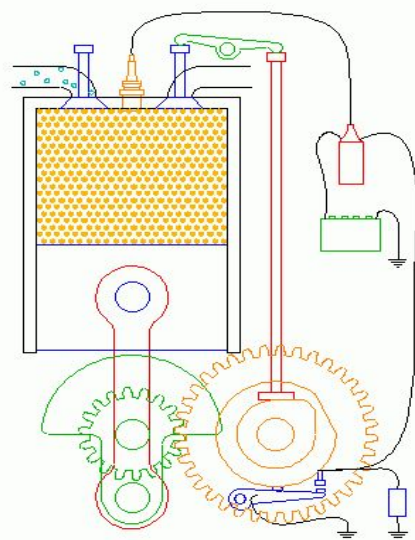
Второй такт – сжатие:

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. Образуемые при сгорании топлива ^{Exit}дымовые газы имеют значительно больший объем, вследствие чего, давление в цилиндре резко повышается.

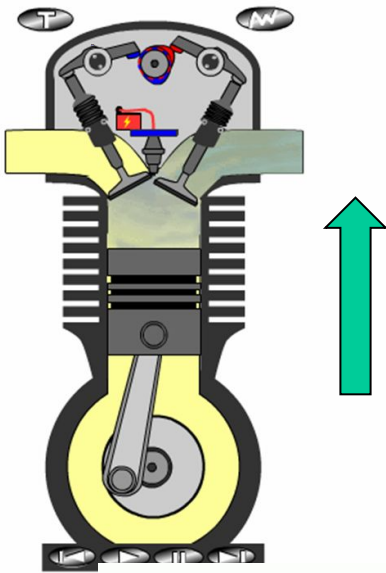




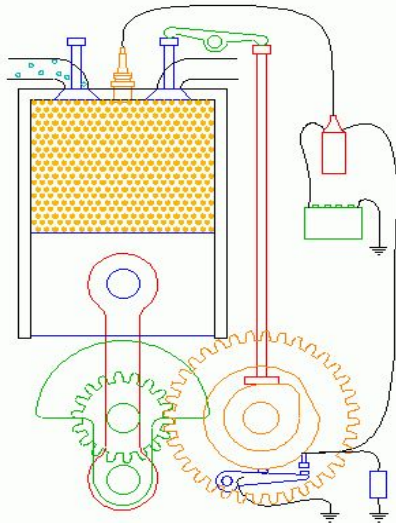
Под действием давления дымовых газов и закрытых обоих клапанов, поршень движется вниз от в.м.т. совершая работу.
Это третий такт – рабочий ход.



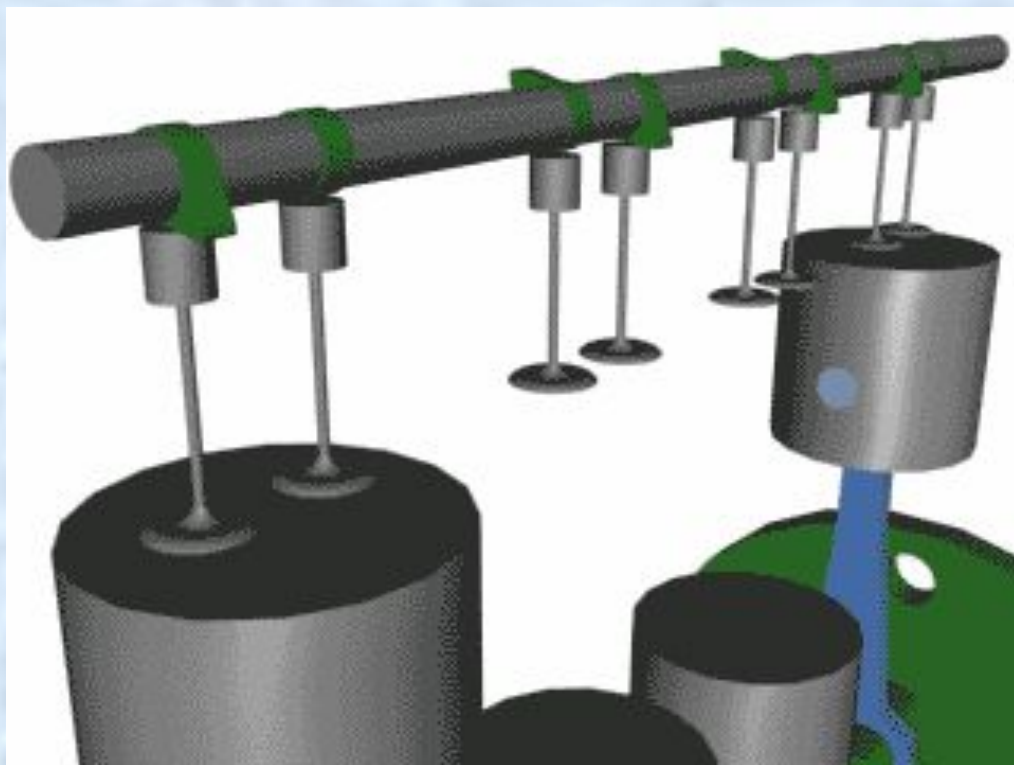
По достижении поршнем н.м.т. открывается выпускной клапан, и, когда поршень движется вверх происходит выпуск отработанных газов, получивших название выпускных или выхлопных газов.



Это четвертый такт – выпуск.



Далее цикл повторяется.
Каждый такт соответствует
 $1\frac{1}{2}$ оборота коленчатого
вала. На два оборота
коленчатого вала работа
совершается один раз.



Основные эксплуатационные свойства бензинов

Испаряемость

Для обеспечения полного сгорания топлива в двигателе необходимо перевести его в короткий промежуток времени из жидкого состояния в парообразное и смешать с воздухом в определенном соотношении.

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.

Испаряемость зависит от физико-химических показателей:

- давление насыщенных паров
- фракционный состав
- вязкость
- поверхностное натяжение
- теплоемкость
- плотность и др.

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Испаряемость

Давление насыщенных паров (ДНП) зависит от температуры и от соотношения паровой фазы к жидкой.

ГОСТ 1756

Температура: 37,8°C,
соотношение паровой и жидкой фазы: (3,8-4,2):1
Прибор: «Бомба Рейда»

Фракционный состав

ГОСТ 2177

Температура начала перегонки

Температура перегонки 10%

Температура перегонки 50% или

Температура перегонки 90%

Температура конца кипения

(97,5% для авиабензинов)

Объем испарившегося бензина при 70°C, %

Объем испарившегося бензина при 100°C, %

Объем испарившегося бензина при 180°C, %

Температура конца кипения

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Испаряемость

Пусковые свойства

- Давление насыщенных паров (не ниже)
- Температура перегонки 10% (не выше) или объем легких фракций, выкипающих при температура до 70°C (не менее)

Чем ниже температура воздуха, тем больше легких фракций требуется для запуска двигателя

Чрезмерное содержание низкокипящих фракций в составе бензинов может вызвать неполадки в работе прогретого двигателя, связанные с образованием паровых пробок в системе топливоподачи

- давление насыщенных паров (не выше)
- температура начала кипения (не ниже)

От содержания в бензине легкокипящих фракций зависит его физическая стабильность, т.е. склонность к потерям от испарения

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Испаряемость

Скорость прогрева двигателя, приемистость

- Температура перегонки 50% (не выше) или объем фракций, выкипающих при температуре до 100°C (не менее)

Чем ниже температура воздуха, тем ниже должна быть температура выкипания 50% для обеспечения быстрого прогрева и хорошей приемистости двигателя

Полнота испарения

- температура перегонки 90% или объем фракций, выкипающих при температуре до 180°C

- температура конца кипения (не выше)

Требования к испаряемости автобензинов в значительной мере зависят от температурных условий их применения. Требования к фракционному составу и ДНП определены в зависимости от сезона и климатического района применения

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Показатель характеризует способность автомобильных и авиационных бензинов противостоять самовоспламенению при сжатии.

Детонация вызывает:

- перегрев**
- резкий характерный звук**
- повышенный износ**
- падение мощности**
- местные разрушения**
- увеличение дымности выхлопа**

На возникновение детонации оказывает влияние состав применяемого бензина и конструктивные особенности двигателя

Алканы < изоалканы, олефины, нафтены < арены

Детонационная стойкость возрастает с уменьшением боковых цепей и увеличением их разветвленности

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Показателем детонационной стойкости автомобильных и авиационных бензинов является **октановое число**.

Определяют на одноцилиндровых моторных установках УИТ-85 или УИТ-65.

Склонность к детонации оценивается сравнением топлива с эталонным топливом, детонационная стойкость которого известна. Эталоны для определения октановых чисел служат:

- Изооктан (2,2,4триметил пентан) – октановое число **100**
- Н-гептан (C_7H_{16}) – октановое число **0**

Октановое число показывает содержание изооктана (в % объемных) в смеси с н-гептаном, которая (смесь) по детонационной стойкости эквивалентна топливу, испытываемому в стандартных условиях. Например, топливо с октановым числом **90** по своей детонационной стойкости эквивалентно смеси, состоящей из **90 % об.** изооктана и **10 % об.** н-гептана

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Два метода определения октановых чисел:

- **Моторный метод** (число оборотов – 900 об/мин, подогрев топливно-воздушной смеси $\approx$ до 150°C) – имитирует работу двигателя в форсированном режиме (загородная езда по скоростной автотрассе)
- **Исследовательский метод** (число оборотов – 600 об/мин) характеризует бензин при работе на частичных нагрузках в условиях городской езды.

Разницу между октановыми числами бензина, определенными двумя методами, называют **чувствительностью**.

Наибольшей чувствительностью (9-12 ед.) отличаются непредельные ароматические (арены) углеводороды (бензины каталитического крекинга и каталитического риформинга).

Менее чувствительны (1-2 ед.) к режиму работы двигателя алканы и изоалканы (бензины алкилирования и прямогонные)

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Для авиационных бензинов важным показателем детонационной стойкости является **сортность** на богатой смеси.

Определяют на стандартной одноцилиндровой установке ИТ9-1.

Сортность – это показатель детонационной стойкости на богатой смеси, который показывает в % допустимый прирост мощности до начала детонации при работе на данном топливе по сравнению с техническим эталонным изоктаном. Например, показатель сортности 130 означает, что допустимый прирост мощности до начала детонации при работе на данном топливе (в условиях работы стандартной одноцилиндровой установки) на 30% больше, чем на изоктане.

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

В качестве эталонного топлива при определении сортности (>100) используется технический эталонный изооктан с различным содержанием антидетонатора (ТЭС).

Чем выше сортность топлива, тем выше его детонационная стойкость на богатой смеси в условиях работы авиационного двигателя (форсированные режимы при резком увеличении подачи топлива – взлет)

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Пути повышения детонационной стойкости бензинов:

- 1. Технологический, предусматривающий использование в качестве компонентов товарных бензинов наиболее высокооктановых вторичных продуктов переработки нефти.**
- 2. Введение специальных антидетонационных присадок и высокооктановых компонентов**

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Прямогонный бензин, получаемый в процессе прямой перегонки нефти на установке АТ/АВТ, имеет низкие октановые числа (40-60 ед.), т.к. состоит, в основном, из парафиновых углеводородов нормального строения.

Технологический путь является более предпочтителен, но требует значительных капитальных затрат. Товарные бензины получают смешением бензиновых фракций, получаемых в результате вторичных (термокаталитических) процессов переработки нефти:

- каталитический крекинг - изомеризация
- каталитический риформинг - термический крекинг
- алкилирование - коксование и др.

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Использование антидетонаторов

(специальных антидетонационных присадок):

1. Алкилсвинцовые (тетраэтилсвинец, тетраметилсвинец)

- наиболее эффективны
- вводятся в виде этиловой жидкости, в которую требуется добавлять выносители для предотвращения отложения оксида свинца в камере сгорания
- присадки и продукты их сгорания высоко токсичны.

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Использование антидетонаторов

(специальных антидетонационных присадок):

2. На основе органических соединений марганца и железа

- менее эффективнее (на порядок)
- по токсичности в тысячу раз превосходят алкилсвинцовые антидетонаторы

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Использование антидетонаторов

(специальных антидетонационных присадок):

3. Безольные (неметаллсодержащие) – присадки на основе ароматических аминов.

- менее эффективнее (на порядок)
- на порядок менее токсичны
- не вызывают образование нагаров и отложений
- хорошо растворяются в топливе (стабильны)

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Введение оксигенатных высокооктановых компонентов (ОВК)

В первую очередь, это кислородсодержащие соединения: спирты, эфиры и их смеси.

Преимущества ОВК:

- 1. Высокая детонационная стойкость (>100)**
- 2. Удовлетворительная испаряемость**
- 3. Минимальное образование нагара**
- 4. Продукты сгорания в десятки раз менее токсичны**

Недостатки ОВК:

- 1. Более низкая теплота сгорания и худшая испаряемость в смеси с бензином**
- 2. Растворимость в воде (расслаивание в присутствии небольших количеств воды и пониженных температурах, коррозия)**
- 3. Экология (загрязнение водоемов и почвы вследствие повышенной водорастворимости)**

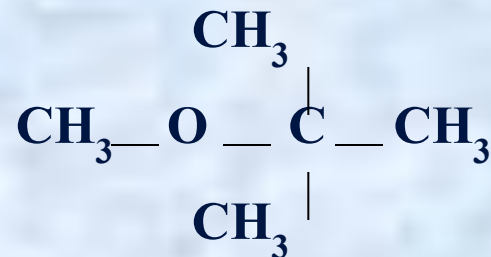
Основные эксплуатационные свойства бензинов

Детонационная стойкость

Из спиртов наибольшие перспективы применения с учетом сырьевых ресурсов, технологии получения и ряда технико-экономических факторов имеет метанол - CH_3OH

Их эфиров наибольшее применение нашел МТБЭ, получаемый синтезом из метанола и изобутилена на катализаторах кислотного-основного типа.

В последнее время расширяется производство метил-трет-амилового эфира (МТАЭ), этил-трет-бутилового эфира (ЭТБЭ).



Для товарных бензинов рекомендуют добавлять на более 10-15% МТБЭ, при этом повышение октанового числа составляет 10-15 ед.

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Теплота сгорания

Этот показатель во многом определяет мощностные и экономические характеристики работы двигателя. Особенно важен для авиационных бензинов, т.к. оказывает влияние на удельный расход и на дальность полета самолета. Чем выше теплота сгорания, тем меньше удельный расход топлива и больше дальность полета самолета при одном и том же объеме топливных баков.

Для авиационных бензинов нормируется низшая теплота сгорания, зависит от соотношения **углевод : водород**. Чем выше это соотношение, тем ниже теплота сгорания. Наибольшей теплотой сгорания обладают парафиновые углеводороды, наименьшей – ароматические.

Теплота сгорания экспериментально определяется калориметрически.

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Химическая стабильность

Этот показатель характеризует способность бензина сохранять свои свойства и состав при длительном хранении, перекачках, транспортировке или при нагревании впускной системы двигателя. Химические изменения в бензине, происходящие в условиях транспортировки и хранения, связаны с окислением входящих в его состав углеводородов.

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Химическая стабильность

При окислении бензинов происходит накопление в них **смолистых веществ**, что резко ухудшает их эксплуатационные свойства. Смолистые вещества могут выпадать из топлива, образуя отложения в резервуарах, трубопроводах и др. Окисление нестабильных бензинов при нагревании во впускной системе двигателя приводит к образованию отложений на ее элементах, а также увеличивает склонность к нагарообразованию на клапанах, в камере сгорания и на свечах зажигания.

Химическая стабильность зависит от:

- температуры
- контакт с металлами (оказывают каталитическое воздействие)
- наличие непредельных углеводородов.

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Химическая стабильность

Химическую стабильность товарных бензинов и их компонентов оценивают стандартным методом путем ускоренного окисления при температуре 100°C и давлении кислорода

ГОСТ 4039 Индукционный период – время (в минутах) от начала испытания до начала процесса окисления.

ГОСТ 2070 Йодное число – показатель наличия в бензине непредельных углеводородов (нормируется для авиационных бензинов, т.к. вовлечение в их состав нестабильных бензинов не допустимо)

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Химическая стабильность

Химическая стабильность этилированных бензинов зависит также от содержания в них этиловой жидкости, т.к. ТЭС при хранении подвергается окислению с образованием нерастворимого осадка.

ГОСТ 6667 Период стабильности, определяется, в основном, наличием свинца

Для обеспечения требуемого уровня стабильности в автомобильные бензины, содержащие нестабильные компоненты, разрешается добавлять антиокислительные присадки (Агидол-1 или Агидол-12).

В авиационные бензины антиокислительные присадки вводятся обязательно для стабилизации ТЭС.

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Склонность к образованию отложений и нагарообразованию

Зависит от содержания в бензинах ароматических и непредельных углеводородов, этиловой жидкости, сернистых соединений.

Возможные отложения:

- впускная система двигателя**
- топливный бак**
- впускные клапана и поршневые кольца**
- камера сгорания**
- детали карбюратора (наибольшие отложения)**

Последствия:

- нарушение регулировки карбюратора**
- уменьшение мощности**
- ухудшение экономичности работы двигателя**
- увеличение токсичности отработавших газов**

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Склонность к образованию отложений и нагарообразованию

На образование нагара в камере сгорания оказывает влияние конструкция двигателя и состав топлива. Повышенному нагарообразованию способствуют высокое содержание в бензинах олефиновых и ароматических углеводородов, особенно высококипящих (ограничивается в товарных бензинах).

ГОСТ 1567 Концентрация фактических смол, мг/100см³

Наиболее эффективным способом борьбы с образованием отложений во впускной системе двигателя является применение специальных **моющих** или **многофункциональных** присадок (склонность к отложениям во впускной системе определяется только при проведении квалификационных испытаний).

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Коррозионная активность и другие свойства

Автомобильные и авиационные бензины должны быть нейтральными и не вызывать коррозию металлов и емкостей, а продукты их сгорания – коррозию деталей двигателей. Коррозионная активность бензинов и продуктов их сгорания зависит от показателей (нормируются в нормативно-технической документации на бензины):

- содержание общей и меркаптановой серы
- кислотность
- содержание водорастворимых кислот и щелочей
- наличие воды
- испытание на медной пластинке (100°C, 3 часа)

Независимо от компонентного состава бензины имеют хорошие *низкотемпературные свойства*. Однако введение в состав спиртов и эфиров ухудшает эти свойства. Для авиационных бензинов нормируется температура начала кристаллизации (не ниже минус 60°C). Топливо не должно образовывать кристаллов льда, которые могут забивать топливный фильтр при полетах в условиях низких температур.

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Экологические свойства

Выдвигаются на первое место вследствие огромного количества загрязняющих веществ, образующихся при сжигании автомобильных бензинов.

Загрязнения окружающей среды, связанное с применением бензинов, может происходить на этапах транспортирования, заправки и др. (испарение, утечки). Однако основным источником загрязнения являются отработавшие газы.

ГОСТ 28828	Содержание свинца, г/дм ³
------------	--------------------------------------

ГОСТ 29040	Объемная доля бензола, %
------------	--------------------------

ГОСТ 19121	Массовая доля серы, %
------------	-----------------------

Основные эксплуатационные свойства бензинов

Экологические свойства

Токсичность неэтилированных бензинов и продуктов их сгорания в основном определяется содержанием в них **ароматических углеводородов**, особенно **бензола**, **олефиновых углеводородов** и **серы**.

При сгорании ароматических углеводородов (бензол, толуол) образуются полициклические ароматические углеводороды (бензпирены), обладающие канцерогенными свойствами.

Чем выше содержание ароматических углеводородов в бензине, тем выше температура его сгорания и содержание оксида азота в отработавших газах.

Высокое содержание серы в бензине увеличивает выбросы оксидов серы, которые губительно действуют на здоровье человек, животный и растительный мир.

Современные авиационные и автомобильные бензины должны удовлетворять требованиям, обеспечивающих экономичную и надежную работу двигателя и требованиям эксплуатации:

- иметь хорошую испаряемость, позволяющую получить однородную топливо-воздушную смесь оптимального состава при любых температурах;**
- иметь групповой углеводородный состав, обеспечивающий устойчивый, бездетонационный процесс сгорания на всех режимах работы двигателя;**
- не изменять своего состава и свойств при длительном хранении и не оказывать вредного влияния на детали топливной системы, резервуары, резинотехнические изделия и др.;**
- не оказывать вредного влияния на человека и окружающую среду.**

Ассортимент автомобильных товарных бензинов

ГОСТ 2084-77 Бензины автомобильные

А-72 (неэтилированный)

А-76 (неэтилированный и этилированный)

АИ-91 (неэтилированный)

АИ-93 (неэтилированный)

АИ-95 (неэтилированный)



В зависимости от показателей испаряемости делят на летние и зимние

ТУ 38.0011165-97 Бензины для экспорта

А-80

А-92

А-96



Всесезонные

ТУ 38.401-58-122-95 и ТУ 38.401-58-127-95

АИ-98

Параметры автомобильных бензинов, вырабатываемых по ГОСТ 2084-77, существенно отличаются от принятых международных норм, особенно в части экологических свойств. В целях конкурентоспособности российских бензинов и доведения их качества до уровня европейских стандартов разработан

ГОСТ Р 51105-97 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия»

Ассортимент автомобильных товарных бензинов

В зависимости от октанового числа по исследовательскому методу установлено четыре марки бензинов:

«Нормаль-80» - предназначен для использования наряду с А-76

«Регуляр-91» и «Регуляр-92» - предназначен взамен этилированного АИ-93

**«Премиум-95»
«Супер-98» - предназначены, в основном, для зарубежных автомобилей**

В соответствии с европейскими требованиями по ограничению содержания бензола введен показатель «объемная доля бензола» - не более 5 %. Ужесточена норма на массовую долю серы – до 0,05%.

Ассортимент автомобильных товарных бензинов

Для обеспечения нормальной эксплуатации автомобилей и рационального использования бензинов введено пять классов испаряемости для применения в различных климатических условиях.

С целью обеспечения Москвы и других регионов с высокой плотностью автомобильного транспорта экологически чистыми топливами разработан ряд технических условий на бензины автомобильные неэтилированные с улучшенными экологическими свойствами (по сравнению с ГОСТ Р 51105-97 установлены более жесткие нормы по содержанию бензола, предусмотрено нормирование ароматических углеводородов и добавление моющих присадок)

Требования к качеству бензинов

Показатели	Россия (ГОСТ Р 51105-97)	ЕЭС (EN-228)	
		2000 г.	2005 г.
Максимальное содержание бензола, %	5,0	1,0	1,0
серы, ppm	500	150	30
ароматических углеводородов, %	55	42	30
кислорода, %	2,7	2,3	2,7

Средние компонентные составы автомобильных бензинов

	А-76 (А-80)	А-76*	АИ-91	А-92	А-92*	АИ-95	АИ-98
Бензин каталитического риформинга:							
мягкого режима	40-80	70-60	60-90	60-88	50-100	-	-
жесткого режима	-	-	40-100	40-100	10-40	5-90	25-88
Ксилольная фракция	-	-	10-20	10-30	-	20-40	20-40
Бензин каталитического крекинга	20-80	10-60	10-85	10-85	10-85	10-50	10-20
Бензин прямой перегонки	20-60	40-100	10-20	10-20	10-80	-	-
Алкилбензин	-	-	5-20	5-20	-	10-35	15-50
Бутаны+изопентан	1-7	1-5	1-10	1-10	1-7	1-10	1-10
Газовый бензин	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	-	-
Толуол	-	-	0-7	0-10	-	8-15	10-15
Бензин коксования	1-5	5-10	-	-	-	-	-
Гидростабилизированный бензин пиролиза	10-35	10-20	10-30	10-30	10-30	10-20	10-20
МТБЭ	≤8	-	5-12	5-12	-	10-15	10-15

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ "О ТРЕБОВАНИЯХ К АВТОМОБИЛЬНОМУ И АВИАЦИОННОМУ БЕНЗИНУ, ДИЗЕЛЬНОМУ И СУДОВОМУ ТОПЛИВУ, ТОПЛИВУ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПОЧНОМУ МАЗУТУ"

Утвержден

Постановлением Правительства Российской Федерации

от 27 февраля 2008 г. N 118

(с изменениями на 7 сентября 2011 года)

II. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ

- 4. Автомобильный бензин должен соответствовать требованиям согласно приложению N 1.
- 6. Автомобильный бензин **не должен содержать металлосодержащие присадки.**
- 7. Автомобильный бензин **может содержать красители** (кроме зеленого и голубого цвета) и вещества-метки.
- 8. Автомобильный бензин **может содержать моющие присадки**, не ухудшающие его показатели и свойства.
- 9. Изготовитель (продавец) обязан указывать в сопроводительных документах к автомобильному бензину, в паспорте на него и его рекламе марку и класс этого бензина.
- 15. Производитель или продавец в паспорте на автомобильный бензин и дизельное топливо, поступающие на реализацию, **должны указывать сведения о наличии (наименование, свойства и содержание) присадок** или об их отсутствии в этих топливах.

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
"О ТРЕБОВАНИЯХ К АВТОМОБИЛЬНОМУ И АВИАЦИОННОМУ БЕНЗИНУ,
ДИЗЕЛЬНОМУ И СУДОВОМУ ТОПЛИВУ, ТОПЛИВУ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПОЧНОМУ МАЗУТУ"

Утвержден
Постановлением Правительства Российской Федерации
от 27 февраля 2008 г. N 118
(с изменениями на 7 сентября 2011 года)

III. ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ

32. Оценка соответствия осуществляется в отношении:

- а) продукции, выпускаемой в оборот на территории Российской Федерации, - в форме обязательного подтверждения соответствия;**
- б) продукции, находящейся в обороте на территории Российской Федерации, - в форме государственного контроля (надзора) за соблюдением требованиям настоящего регламента**

53. Выпуск в оборот автомобильного бензина и дизельного топлива допускается в отношении:

- класса 2 - до 31 декабря 2012г.;**
- класса 3 - до 31 декабря 2014г.;**
- класса 4 - до 31 декабря 2015г.;**
- класса 5 - срок не ограничен.**

ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА

Характеристики автомобильного бензина	Ед. изм.	Нормы в отношении			
		класса 2	класса 3	класса 4	класса 5
Массовая доля серы, не более	мг/кг	500	150	50	10
Объемная доля бензола, не более	%	5	1	1	1
Концентрация железа, не более	мг/дм ³	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Концентрация марганца, не более	мг/дм ³	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Концентрация свинца, не более	мг/дм ³	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Массовая доля кислорода, не более	%	-	2,7	2,7	2,7
Объемная доля углеводородов, не более:	%				
- ароматических		-	42	35	35
- олефиновых		-	18	18	18
Давление паров, не более:	кПа				
в летний период		-	45-80	45-80	45-80
в зимний период		-	50-100	50-100	50-100

ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА

Характеристики автомобильного бензина	Ед. изм.	Нормы в отношении			
		класса 2	класса 3	класса 4	класса 5
Объемная доля оксигенатов, не более:	%				
метанола		-	Отс.	Отс.	Отс.
этанола		-	5	5	5
изопропанола		-	10	10	10
третбутанола		-	7	7	7
изобутанола		-	10	10	10
эфиров, содержащих 5 или более атомов углерода в молекуле		-	15	15	15
других оксигенатов (с температурой конца кипения не выше 210 градусов Цельсия)		-	10	10	10
Объемная доля монометиланилина, не более	%	1,3	1	1	Отс.

Авиационные бензины

Авиационные бензины предназначены для летательных аппаратов, оснащенных поршневыми авиационными двигателями. Это, в основном, малая и спортивная авиация.



Авиационные бензины маркируются буквой "Б", после чего идет значение октанового числа и сортности.

Например, **Б-95/130**.

Авиационные бензины получают смешением технологических компонентов с добавлением ТЭС

Ассортимент авиационных товарных бензинов

ГОСТ 1012-72 Бензины авиационные

Б-91/115

Б-95/130

Разработаны технические условия на авиационные бензины марок **Б-100/130** и **Б-100/130** малоэтилированный – **ТУ 38.401-58-197-97**

Для безопасности в обращении и маркировки авиационные бензины должны быть окрашены.

Б-91/115 зеленый цвет

Б-100/130 голубой цвет

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
"О ТРЕБОВАНИЯХ К АВТОМОБИЛЬНОМУ И АВИАЦИОННОМУ БЕНЗИНУ,
ДИЗЕЛЬНОМУ И СУДОВОМУ ТОПЛИВУ, ТОПЛИВУ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПОЧНОМУ МАЗУТУ"

Утвержден
Постановлением Правительства Российской Федерации
от 27 февраля 2008 г. N 118
(с изменениями на 7 сентября 2011 года)

II. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ

23. Авиационный бензин должен соответствовать требованиям согласно приложению N 5.

24. Авиационный бензин с октановым числом не менее 99,5 и сортностью не менее 130 может содержать краситель голубого цвета.

25. Авиационный бензин должен обладать стабильностью к окислению и не должен содержать поверхностно-активные вещества и другие химические вещества в количестве, ухудшающем его качество.

26. Авиационный бензин может содержать тетраэтилсвинец.

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
"О ТРЕБОВАНИЯХ К АВТОМОБИЛЬНОМУ И АВИАЦИОННОМУ БЕНЗИНУ,
ДИЗЕЛЬНОМУ И СУДОВОМУ ТОПЛИВУ, ТОПЛИВУ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПОЧНОМУ МАЗУТУ"

Утвержден
Постановлением Правительства Российской Федерации
от 27 февраля 2008 г. N 118
(с изменениями на 7 сентября 2011 года)

III. ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ

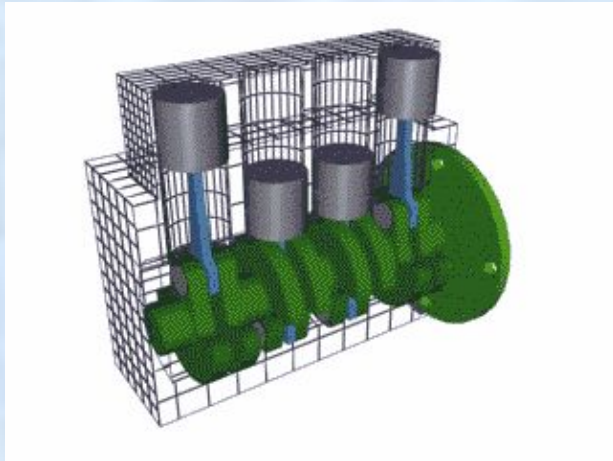
37. Обязательное подтверждение соответствия авиационного бензина, топлива для реактивных двигателей и продукции для государственных нужд осуществляется в форме обязательной сертификации...

41. Для подтверждения соответствия авиационного бензина топлива для реактивных двигателей обязательная сертификация осуществляется изготовителем по его выбору путем обязательной сертификации с проведением испытаний образца продукции, инспекционного контроля за сертифицированной продукцией или путем обязательной сертификации партии продукции

ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ АВИАЦИОННОГО БЕНЗИНА

Характеристики автомобильного бензина	Ед. изм.	Нормы
Октановое число (бедная смесь), не менее	-	91
Сортность (богатая смесь), не менее	-	115
Температура начала кристаллизации, не выше	°С	Минус 60
Содержание механических примесей и воды	-	Отсутствие
Давление насыщенных паров	кПа	29,3-49
Фракционный состав:		
10 % отгоняется при температуре, не выше	°С	82
50 % отгоняется при температуре, не выше	°С	105
90 % отгоняется при температуре, не выше	°С	170
Остаток от разгонки, не более	%	1,5
Потери от разгонки, не более	%	1,5
Содержание фактических смол, не более	мг/100 см ³	3
Массовая доля общей серы, не более	%	0,05
Цвет	-	зеленый

Топлива для двигателей с воспламенением от сжатия (дизельные топлива)



Дизельное топливо предназначено для двигателей внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия (дизелей).

Дизельный двигатель изобрел Рудольф Дизель в 1897 г.

Условия смесеобразования и воспламенения топлива в дизелях отличаются от таковых в карбюраторных двигателях.

- подача топлива начинается за $10-20^\circ$ поворота коленчатого вала до ВМТ и может закончиться как до, так и после этой точки. Весь процесс длится $20-40^\circ$ поворота коленчатого вала ($0,002-0,003$ с)
- т.к. температура воздуха ($600-700^\circ\text{C}$) превышает температуру воспламенения топлива, последнее успевает за эти доли секунды испариться и воспламениться
- промежуток времени между впрыском и самовоспламенением называют периодом задержки самовоспламенения (ПЗС)
- для нагрева воздуха до столь высокой температуры ($600-700^\circ\text{C}$) необходимо иметь высокую степень сжатия

$\epsilon_{\text{дизеля}} = 10-18$ (до 22 в современных дизелях)

$\epsilon_{\text{карб.}} = 8-12$

Преимущества и недостатки дизелей по сравнению с карбюраторными двигателями

Преимущества:

- больше мощность и экономичность (за счет более высокой степени сжатия)**
- упрощенная конструкция (отсутствие системы зажигания)**
- отсутствие детонации**

Недостатки:

- большие габариты (ниже удельная мощность – на ед. массы двигателя)**
- большие выбросы сажи - дымность**
- большая шумность**
- ниже приемистость (т.е. способность быстро менять режимы работы)**
- Наличие сложной системы впрыска топлива (плунжерный насос высокого давления, форсунка)**

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Воспламенение и горючесть

Наиболее важные характеристики ДТ, от которых зависит:

- запуск двигателя
- жесткость работы (скорость нарастания давления на 1° поворота коленчатого вала)
- расход топлива
- дымность отработавших газов

Основным показателем, характеризующим самовоспламенение дизельных топлив, является **цетановое число**.

Цетановое число – это содержание (% об) цетана в смеси с α -метилнафталином, которая воспламеняется аналогично испытуемому топливу.

ГОСТ 3122 Одноцилиндровая установка типа ИТ9-3

ПЗС и характеризующее его цетановое число (ЦЧ) связаны с углеводородным составом. Наиболее высокое ЦЧ (наименьший ПЗС) имеют н-алканы. Самые низкие ЦЧ (самый большой ПЗС) имеют ароматические углеводороды. С увеличением молекулярной массы ЦЧ возрастает.

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Воспламенение и горючесть

Только при оптимальном значении цетанового числа (ПЗС) работа дизеля будет мягкой, бесшумной, экономичной, с минимальной дымностью выхлопа.

Низкое цетановое число (большая длительность ПЗС) – возрастает общее количество введенного и испарившегося топлива, поэтому начавшийся процесс сгорания идет очень интенсивно. Резко возрастает скорость нарастания давления на 1° поворота коленвала. Такая работа дизеля называется жесткой.

Высокое цетановое число (малый ПЗС) – процесс сгорания начинается сразу же после подачи топлива, ухудшается экономичность, увеличивается расход топлива вследствие уменьшения полноты сгорания

Надежная и экономичная работа дизеля наблюдается при оптимальных значениях ПЗС, а значит цетановое число дизельных топлив в отличие от октанового числа бензинов должно иметь оптимальное значение (порядка 40-55).

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Воспламенение и горючесть

ГОСТ 27768 **Расчетный метод определения цетанового числа**
(цетанового индекса)

плотность и температура 50% перегонки топлива

Дизельный индекс (ДИ)

$$\text{ДИ} = t_{\text{ан}} d / 100$$

Известны присадки для повышения цетанового числа дизельных топлив. Они допущены к применению, но их вводят в крайне ограниченных количествах , т.к. при этом понижается температура вспышки и повышается коксуемость топлива.

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Испаряемость и степень распыла

Зависят от следующих физико-химических характеристик:

вязкость, плотность, поверхностное натяжение, фракционный состав, ДНП

Выше оптимального значения



1. Укрупнение капель в факеле – ухудшение распыла и испарения. Топливо догорает в такте расширения, повышается дымность отработавших газов, снижается КПД
2. Возрастает гидравлическое сопротивление в топливно-подающей системе

Оптимальные значения вязкости, плотности, поверхностного натяжения

Ниже оптимального значения



1. Ухудшение процесса смесеобразования (образуется много мелких капель, избыток топлива и неполное сгорание)
2. Утечка слишком маловязкого топлива между гильзой и плунжером топливного насоса, увеличивается расход топлива
3. Возрастает износ плунжерных пар

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Испаряемость и степень распыла

Фракционный состав

ГОСТ 2177

Температура перегонки 50% топлива

Температура перегонки 96 или 90% топлива (конец кипения)

$t_{50\%}$ - характеризует пусковые свойства

$t_{90\%}$ и $t_{96\%}$ - свидетельствует о наличие тяжелых фракций (полнота сгорания, склонность к нагарообразованию)

О наличие легких фракций судят также по температуре вспышки в закрытом тигле (ГОСТ 6356), которая определяет пожароопасность топлив

- для дизелей общего назначения – не ниже 40°C
- для тепловозных и судовых дизелей – не ниже 62°C

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Низкотемпературные свойства

В отличие от бензинов, в случае дизельных топлив при снижении температуры возникают проблемы:

1. Повышение вязкости приводит к повышению гидравлического сопротивления и снижению производительности подкачивающего насоса
2. Образование кристаллов углеводородов с высокой температурой плавления. Возникает опасность забивки фильтров, а при дальнейшем понижении температуры выпавшие кристаллы начинают сращиваться в пространственную решетку. В итоге топливо полностью теряет текучесть, его подача в цилиндры прекращается и двигатель глохнет (или не запускается)

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Низкотемпературные свойства

Для характеристики низкотемпературных свойств дизельных топлив существует несколько показателей:

$t_{\text{п}}$ – температура помутнения (ГОСТ 5066)

Температура, при которой начинают выпадать кристаллы самых высокоплавких углеводородов

$t_{\text{пр. Ф.}}$ – предельная температура фильтруемости (ГОСТ 22254)

Температура, при которой топливо после охлаждения в определенных условиях еще способно проходить через фильтр с установленной скоростью

$t_{\text{заст.}}$ – температура застывания (ГОСТ 20284)

Температура, при которой топливо теряет свою подвижность в стандартных условиях

$t_{\text{заст.}}$ определяет условия складского хранения (товарный показатель)

$t_{\text{п}}$ и $t_{\text{пр. Ф.}}$ - условия применения топлив (эксплуатационные показатели)

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Низкотемпературные свойства

При охлаждении дизельных топлив в первую очередь выпадают парафиновые углеводороды нормального строения (н-алканы)

Для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние топлива получают облегчением фракционного состава (снижение конца кипения - 360°C), например:

до 320°C – для получения дизельного топлива с $t_{\text{заст.}} = -35^{\circ}\text{C}$ и $t_{\text{п}} = -25^{\circ}\text{C}$

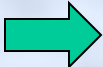
до 280°C – для получения дизельного топлива с $t_{\text{заст.}} = -45^{\circ}\text{C}$ и $t_{\text{п}} = -35^{\circ}\text{C}$

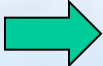
Снижение температуры конца кипения приводит к снижению отбора дизельного топлива от нефти

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Низкотемпературные свойства

Сократить потери при производстве зимнего дизельного топлива можно введением в топливо депрессорных присадок. Это позволяет снизить предельную температуру фильтруемости на $10-15^{\circ}\text{C}$ и температуру застывания на $15-20^{\circ}\text{C}$. Введение присадок не влияет на температуру помутнения топлива.

Без присадок  $t_{\text{пр. ф.}}$ равна или на $1-2^{\circ}\text{C}$ ниже $t_{\text{п}}$

С присадками  $t_{\text{пр. ф.}}$ на 10°C и более ниже $t_{\text{п}}$

Для большинства дизельных топлив разница между $t_{\text{п}}$ и $t_{\text{заст.}}$ составляет $5-10^{\circ}\text{C}$

Для улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив на местах применения используют смеси летних дизельных топлив с реактивным топливом или бензином. При разбавлении дизельных топлив приходится использовать значительное количество разбавителя, что в свою очередь, отражается на повышении износа двигателей и снижении цетанового числа.

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Степень чистоты

Определяет эффективность и надежность работы двигателя, особенно топливной аппаратуры.

Коэффициент фильтруемости ГОСТ 19006

Отношение времени фильтрования через фильтр десятой порции фильтруемого топлива к первой

На фильтруемость топлива оказывает влияние наличие воды, механических примесей, смолистых веществ

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Коррозионная агрессивность

Показатели, характеризующие коррозионную агрессивность:

- содержание общей серы
- содержание меркаптановой серы
- содержание сероводорода
- содержание водорастворимых кислоты щелочей
- содержание воды
- испытание на медной пластинке

Современная технология получения дизельных топлив практически исключает возможность присутствия в них элементарной серы и сероводорода

Общее содержание серы мало характеризует коррозионную агрессивность топлива по отношению к металлам. Коррозионная агрессивность, в основном, зависит от содержания меркаптановой серы.

Причиной повышенной коррозии и износа является присутствие в топливе металлов

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Противоизносные свойства

Топлива являются смазочным материалом для движущихся деталей топливной аппаратуры и других деталей. Противоизносные свойства топлив улучшаются с увеличением:

- содержания ПАВ
- вязкости
- температура выкипания
- содержание гетероатомных соединений

В связи с ужесточением требований к качеству дизельных топлив по содержанию серы и переходом на выработку экологически чистых топлив, из дизельных топлив удаляются соединения, содержащие серу, кислород и азот, что негативно влияет на их смазочную способность.

Наиболее реальным способом улучшения смазывающих свойств дизельного топлива является применение **противоизносных присадок**

Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив

Химическая стабильность

В связи с углублением переработки нефти в состав дизельных топлив вовлекаются фракции вторичной переработки нефти, которые обогащены ненасыщенными углеводородами, включая диолефины и дициклоолефины, а также содержат значительное количество сернистых, азотистых и смолистых соединений.

Наличие гетероатомных соединений, особенно в сочетании с ненасыщенными углеводородами, способствует их окислительной полимеризации и поликонденсации, тем самым влияя на образование смол и осадков.

Ассортимент товарных дизельных топлив

Дизельные топлива по ГОСТ 305-2013

«Топлива дизельное. Технические условия»

Стандарт распространяется на топливо для быстроходных дизельных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники

В зависимости от условий применения установлены следующие марки дизельного топлива:

Л – летнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха **минус 5°C и выше**

Е – межсезонное, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха **минус 15°C и выше**

З – зимнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха **до минус 20°C** (предельная температура фильтруемости - не выше минус 25°C) и **до минус 35°C** (предельная температура фильтруемости - не выше минус 35°C)

А – арктическое, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха **минус 45°C и выше**

Ассортимент товарных дизельных топлив

В условное обозначение дизельных топлив по ГОСТ 305-2013 должны входить:

- для топлива марки Л - температура вспышки и экологический класс топлива

ДТ-Л-40-К2 по ГОСТ 305-2013

- для марки Е - предельную температуру фильтруемости и экологический класс топлива

ДТ-Е-минус 15-К2 по ГОСТ 305-2013

- для марки З - предельную температуру фильтруемости и экологический класс топлива

ДТ-З-минус 25-К2 по ГОСТ 305-2013

- для марки А - экологический класс топлива

ДТ-А-К2 по ГОСТ 305-2013

Дизельное топливо по ГОСТ 305-82 получают компаундированием прямогонных и гидроочищенных фракций в соотношениях, обеспечивающих требованиям по содержанию серы

Ассортимент товарных дизельных топлив

Кроме этого отечественная промышленность выпускает значительный объем дизельных топлив по техническим условиям (ТУ) по согласованию с потребителем, в том числе и топлива с депрессорными присадками

ТУ 38.101889-81 Дизельное топливо марки ДЗп

Получают на базе летнего дизельного топлива, введение депрессорной присадки обеспечивает снижение предельной температуры фильтруемости до минус 15°C, температуры застывания – до минус 30°C. Предельная температура фильтруемости соответствует предельной температуре применения топлива (до минус 15°C)

ТУ 38.401-58-36-92 Для применения в районах с холодным климатом
ДЗп-15/-25 – базовое топливо с температурой помутнения -15°C, товарное – с предельной температурой фильтруемости -25°C
ДАп-35/-45 – базовое топливо с температурой помутнения -35°C, товарное – с предельной температурой фильтруемости -45°C

Ассортимент товарных дизельных топлив

ТУ 38.101348-89 Экологически чистое дизельное топливо

ДЛЭЧ

ДЛЭЧ-В (с пониженным содержанием ароматических углеводородов)

ДЗЭЧ

Содержание серы – до 0,05% (вид I) и до 0,1% (вид II)

Для использования в крупных городах (Москва) или населенных пунктах со сложной экологической обстановкой разработано

Дизельное топливо с улучшенными экологическими свойствами – городское (ТУ 38.401-58-170-96), производитель ОАО «Московский НПЗ»

ДЭК-Л

ДЭК-З

Содержат пакеты присадок,

ДЭКп-З, минус 15°С

снижающие дымность и токсичность

ДЭК-З, минус 20°С

отработанных газов

В Москве транспортные средства должны заправляться городским дизельным топливом с содержанием серы не более 0,05% мас.

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ "О ТРЕБОВАНИЯХ К АВТОМОБИЛЬНОМУ И АВИАЦИОННОМУ БЕНЗИНУ, ДИЗЕЛЬНОМУ И СУДОВОМУ ТОПЛИВУ, ТОПЛИВУ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПОЧНОМУ МАЗУТУ"

Утвержден

Постановлением Правительства Российской Федерации

от 27 февраля 2008 г. N 118

(с изменениями на 7 сентября 2011 года)

II. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ

10. Дизельное топливо должно соответствовать требованиям согласно приложению N 2.

11. В течение 3 лет со дня вступления в силу настоящего регламента наряду с оборотом дизельного топлива, соответствующего требованиям, предусмотренным приложением N 2 к настоящему техническому регламенту, допускается выпуск в оборот дизельного топлива, используемого для сельскохозяйственной и внедорожной техники, с нормой 45 по показателю "цетановое число, не менее", нормой 2000 миллиграмм на килограмм (0,2 процента массовых) по показателю "массовая доля серы, не более" и без нормирования показателей "смазывающая способность, не более" и "массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более" при условии соответствия остальных характеристик требованиям, предусмотренным приложением N 2 к настоящему регламенту.

12. Дизельное топливо может содержать красители (кроме зеленого и голубого цвета) и вещества-метки.

13. Дизельное топливо не должно содержать металлосодержащие присадки.

14. Изготовитель (продавец) обязан указывать в сопроводительных документах к дизельному топливу, в паспорте на него и его рекламе марку и класс этого топлива.

15. Производитель или продавец в паспорте на автомобильный бензин и дизельное топливо, поступающее на реализацию, должны указывать сведения о наличии (наименование, свойства и содержание) присадок или об их отсутствии в этих топливах

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
"О ТРЕБОВАНИЯХ К АВТОМОБИЛЬНОМУ И АВИАЦИОННОМУ БЕНЗИНУ,
ДИЗЕЛЬНОМУ И СУДОВОМУ ТОПЛИВУ, ТОПЛИВУ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПОЧНОМУ МАЗУТУ"

Утвержден
Постановлением Правительства Российской Федерации
от 27 февраля 2008 г. N 118
(с изменениями на 7 сентября 2011 года)

III. ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ

32. Оценка соответствия осуществляется в отношении:

- а) продукции, выпускаемой в оборот на территории Российской Федерации, - в форме обязательного подтверждения соответствия;**
- б) продукции, находящейся в обороте на территории Российской Федерации, - в форме государственного контроля (надзора) за соблюдением требований настоящего регламента**

53. Выпуск в оборот автомобильного бензина и дизельного топлива допускается в отношении:

- класса 2 - до 31 декабря 2012г.;**
- класса 3 - до 31 декабря 2014г.;**
- класса 4 - до 31 декабря 2015г.;**
- класса 5 - срок не ограничен.**

ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Характеристики дизельного топлива	Ед. изм.	Нормы в отношении			
		класса 2	класса 3	класса 4	класса 5
Массовая доля серы, не более	мг/кг	500	350	50	10
Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже:	°C				
дизельного топлива, за исключением дизельного топлива для арктического климата		40	40	40	40
дизельного топлива для арктического климата		30	30	30	30
Фракционный состав – 95 % объемных перегоняется при температуре не выше	°C	360	360	360	360
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более	%	-	11	11	11

ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Характеристики дизельного топлива	Ед. изм.	Нормы в отношении			
		класса 2	класса 3	класса 4	класса 5
Цетановое число, не менее	-	45	51	51	51
Цетановое число для дизельного топлива для холодного и арктического климата, не менее	-	-	47	47	47
Предельная температура фильтруемости, не выше:	°C				
дизельного топлива для холодного климата		Минус 20	Минус 20	Минус 20	Минус 20
дизельного топлива для арктического климата		Минус 38	Минус 38	Минус 38	Минус 38
Смазывающая способность, не более	МКМ	460	460	460	460

Топлива для воздушно-реактивных двигателей

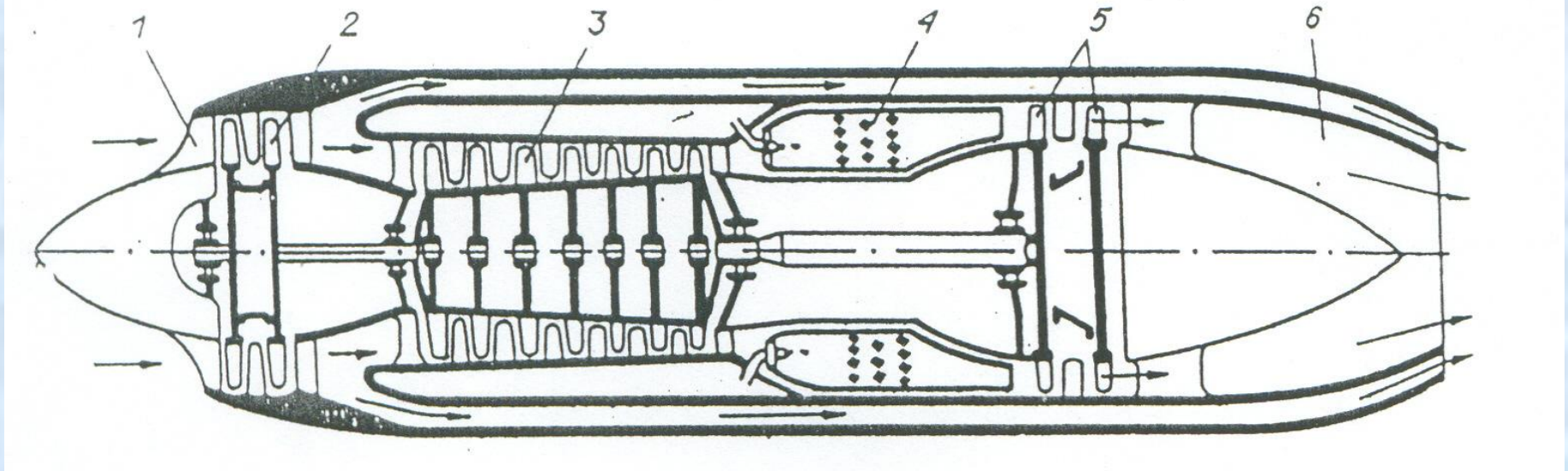
Предназначены для двигателей внутреннего сгорания с непрерывным сгоранием топлива.

Современная авиация оснащена воздушно-реактивными двигателями (ВРД). В этих двигателях топливо в камеру сгорания подается непрерывно и вследствие этого процесс сгорания протекает постоянно. Лишь для запуска двигателя используют постороннее зажигание. Также непрерывно в камеру сгорания ВРД поступает и воздух (требуемый для сжигания топлива), предварительно сжатый и нагретый в компрессоре.

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.



Принципиальная схема воздушно-реактивного двигателя



Поток воздуха поступает в **диффузор**. Из диффузора предварительно сжатый воздух поступает в **компрессор**, где еще больше сжимается и далее поступает в **камеру сгорания**, где смешивается с впрыскиваемым через **форсунки** топливом и сгорает. Горючие газы попадают на лопатки **турбины**, где часть их энергии превращается в механическую работу вращения колеса турбины, от вала которого приводится в движение **роотор компрессора**, а также топливный и масляный насосы. После турбины продукты сгорания топлива в виде газового потока проходят **реактивное сопло** и, расширяясь в нем, создают реактивную силу тяги, с помощью которой и осуществляет полет самолета.

При полете на больших высотах, где воздух сильно разрежен, и соответственно, существует недостаток кислорода для полного сгорания топлива, необходим турбокомпрессор. Такие двигатели называют **турбореактивными (ТРД)**. Нагнетая и сжимая разреженный воздух, турбокомпрессор концентрирует кислород, требуемый для обеспечения нормального процесса сгорания топлива.

Помимо ТРД существуют также **турбовинтовые двигатели (ТВД)**, которые имеют преимущество перед ТРД (**большая тяга и экономичность**) при малых скоростях полета (режимы взлета и посадки).

Отличием ТВД от ТРД является наличие редуктора, уменьшающего число оборотов винта по сравнению с числом оборотов ротора двигателя и воздушного винта. При этом газовая турбина ТВД предназначена не только для вращения осевого компрессора, но и для вращения винта. ТВД установлен также на большинстве современных военных и гражданских вертолетах, использующих реактивное топливо.

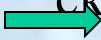
Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Испаряемость

Одно из важнейших свойств реактивных топлив, влияет на пределы устойчивого горения топлива, от испаряемости зависят:

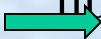
- полнота сгорания
- нагарообразование в камере сгорания
- бесперебойная работа топливных насосов
- склонность к образованию паровых пробок в топливной системе в условиях высотных полетов
- запуск двигателя
- потери от испарения на больших высотах

Испаряемость характеризуется **фракционным составом (ГОСТ 2177):**

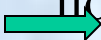
Температура начало кипения, не ниже  склонность к образованию паровых пробок

не выше пусковые свойства 

Температура выкипания 10%, не выше  пусковые свойства

Температура выкипания 50%, не выше  приемистость

Температура выкипания 90%, не выше  полнота сгорания

Температура выкипания 98%, не выше  полнота сгорания

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Полнота и теплота сгорания

С понижением полноты сгорания топлива возрастает его склонность к нагарообразованию в двигателе. Нагар отлагается:

- на форсунке  изменяет форму струи распыливаемого топлива, ухудшаются условия его распыла и испарения
- на стенках камеры сгорания
- на лопатках турбины  децентрирование и выход из строя

Показателями, характеризующими горение реактивных топлив, являются **высота не коптящего пламени и люминометрическое число.**

Наличие в пламени **сажистых частиц** (продуктов неполного сгорания топлива) вызывает его свечение, что связано с излучением тепла пламенем, приводящим к повышению температуры стенок камеры сгорания, их местному короблению и прогару. Изучательная способность топлива характеризуется **люминометрическим числом.**

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Полнота и теплота сгорания

Значения люминометрического числа реактивных топлив и высота некоптящего пламени зависят от углеводородного и фракционного состава. (наименьшие значения у ароматических, наиболее высокие – у парафиновых углеводородов)

С повышением высоты некоптящего пламени и увеличением люминометрического числа склонность топлива к нагарообразованию снижается.

Полнота сгорания определяет удельный расход топлива. Он снижается с увеличением полноты сгорания топлива, а также с повышением низшей теплоты его сгорания. Для всех марок реактивных топлив стандартами и техническими условиями регламентируется массовая теплота сгорания.

Теплота сгорания топлив определяется углеводородным составом и обуславливается соотношением водорода и углерода: наибольшая для парафиновых и наименьшая для ароматических углеводородов.

Удельный расход топлива в реактивных двигателях определяет дальность полета самолета

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Прокачиваемость

Определяет способность бесперебойной подачи топлива в строго определенном объеме.

Прокачиваемость важна:

- при перекачках
- при заправке
- при прохождении по топливной системе самолета и двигателя, включая фильтруемость через фильтры

Прокачиваемость определяется:

- вязкостью,
- наличием примесей и воды
- образованием паровых пробок в топливной системе самолета

При положительных температурах вязкость реактивных топлив не лимитируется их прокачиваемость. При охлаждении вязкость топлив возрастает и может достичь значений, при которых нормальная заправка самолетов и его подача в двигатель могут быть нарушены:

- высокие гидравлические потери
- снижение давления впрыска
- уменьшение подачи
- ухудшение распыла (снижение полноты сгорания)

Кинематическая вязкость при минус 40°C, мм²/с, не более

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Прокачиваемость

В виде твердой фазы в топливах могут содержаться механические примеси, представляющие собой продукты коррозионного воздействия топлив на конструкционные материалы, или твердые вещества, образующиеся при окислении нагретого топлива.

Загрязнение топлива механическими примесями может иметь место на нефтеперерабатывающих предприятиях, при транспортировании, на аэродромных складах горючего.

При низкой температуре в топливе могут содержаться кристаллы льда или может наблюдаться выпадение кристаллов углеводородов из топлива

Содержание механических примесей и воды – отсутствие

Температура начала кристаллизации – не выше минус 60°C (для большинства реактивных топлив)

Максимальная допустимая температура начала кристаллизации реактивных топлив обусловлена условиями их применения и конструкцией топливной системы самолетов.

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Прокачиваемость

Кристаллы льда могут образовываться в реактивных топливах при отрицательных температурах в результате замерзания воды, присутствующей в топливе в эмульсионном или растворенном состоянии, либо конденсирующейся из воздуха на поверхности топлива. Кристаллы льда могут также выпадать в топливо в виде инея, осыпавшегося со стенок резервуаров и баков самолетов.

Для предотвращения образования кристаллов льда в процессе эксплуатации самолета применяют антиводокристаллизационные присадки.

В качестве таких присадок широко используют этилцеллозольв (жидкость «И»), тетрагидрофурфуриловый спирт (ТГФ) и их 50%-ные смеси с метанолом (присадки И-М и ТГФ-М)

Их вводят преимущественно в зимнее время, а летом – в тех случаях, когда продолжительность полета превышает 5 часов и топливо успевает охладиться до отрицательных температур.

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Склонность к образованию отложений

Отложения в реактивных двигателях – это продукты различного характера, образующиеся в результате окислительных процессов, которые протекают в топливе при разных температурах:

- при температуре окружающей среды (при длительном хранении)

Химическая стабильность – обуславливается степенью окисления углеводородов и наличием гетероатомных соединений

- при повышенных температурах

Термоокислительная стабильность

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Склонность к образованию отложений

Термоокислительная стабильность прямогонных реактивных топлив улучшается при удалении из них гетероатомных соединений в результате гидроочистки. Однако при этом удаляются и природных антиоксиданты, в результате химическая стабильность в условиях хранения гидроочищенных топлив ухудшается

Термоокислительную стабильность реактивных топлив оценивают в статических и динамических (для топлив марок РТ, Т-6, Т8В) условиях.

Косвенным методом, характеризующим термоокислительную стабильность, является Содержание фактических смол

В гидроочищенные топлива вводят антиокислительные присадки (например, Агидол-1) в концентрациях 0,003-0,004%.

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Совместимость с материалами

Реактивные топлива при их хранении, транспортировке и применении могут корродировать материалы (металлы, сплавы), воздействовать на резиновые технические изделия и герметики, применяемые в топливной системе самолета.

Коррозионное воздействие на стенки камеры сгорания и лопатки газовой турбины способны оказывать и продукты сгорания реактивных топлив.

Коррозионная активность топлива зависит от характера и количества гетероатомных соединений, температуры и продолжительности контакта. В связи с этим в реактивных топливах строго регламентируется содержание меркаптановой серы, общей серы и отсутствие сероводорода

Электрохимическая коррозия материалов реактивными топливами имеет место при наличии в них эмульсионной воды, выпадающей из топлива при охлаждении. При повышенных температурах наличие воды является причиной биохимической коррозии, обусловленной присутствием в топливе микроорганизмов.

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Совместимость с материалами

Газовая коррозия (химическая) обусловлена наличием в продуктах сгорания топлива диоксида серы и оксидов ванадия, молибдена и натрия. Соединения металлов могут попадать в топливо вследствие технологических процессов или наличия в нефти (ванадий).

В комплексе методов квалификационной оценки реактивных топлив предусмотрено спектральное определение перечисленных металлов

В соответствии с комплексом оценки определяют степень воздействия топлив на резиновые технические изделия и тиоколовые герметики по пределу прочности и относительному удлинению резины, ее работоспособности, а также изменению твердости герметика.

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Противоизносные свойства

Противоизносные свойства реактивных топлив зависят от вязкости (ν_{20}), содержания в них меркаптанов и наличия поверхностно-активных веществ, способных абсорбироваться на поверхности пар трения, предотвращая износ.

Хорошие противоизносные свойства реактивных топлив обуславливаются, прежде всего, наличием в них гетероатомных соединений. Однако их наличие является причиной низкой термоокислительной стабильности реактивных топлив. В результате гидроочистки, используемой для улучшения термоокислительной стабильности, ухудшаются противоизносные свойства и химическая стабильность реактивных топлив.

В мировой практике эффективное улучшение противоизносных свойств достигается применением специальных противоизносных присадок.

В России рекомендованы и применяются присадки Сигбол (0,0005%), композиции присадок Сигбол (0,0005%) и ПМАМ-2 (0,008%), присадки «К» (0,001-0,004%) и Хайтек-580 (0,003-0,0035%).

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Электрические свойства

Электрические свойства топлива определяют пожаробезопасность процесса заправки им топливозаправщиков и самолетов и работу топливоизмерительной аппаратуры.

Реактивные топлива состоят, в основном, из соединений, которые не полярны или слабополярны, и являются практически диэлектриками. Это качество топлива определяет способность к накоплению зарядов в его объеме при перекачке.

Основные эксплуатационные свойства реактивных топлив

Электрические свойства

Электрические свойства топлива в значительной мере определяются удельной электрической проводимостью. Электропроводность реактивных топлив зависит от температуры и увеличивается с ее ростом. При прочих равных условиях электризация возрастает с повышением скорости перекачки и степени фильтрации. С целью обеспечения пожаробезопасности от статического электричества введены ограничения на скорости перекачки реактивных топлив.

Единственным способом, обеспечивающим и гарантирующим безопасность прокачки топлив и заправки авиатехники, является применение антистатических присадок (Сигбол).

Ассортимент товарных реактивных топлив

Реактивные топлива вырабатывают для самолетов дозвуковой авиации по ГОСТ10227-86 и для сверхзвуковой авиации по ГОСТ 12308-89.

Согласно ГОСТ10227-86 предусмотрено производство пяти марок:

ТС-1, Т-1, Т-1С, Т-2 и РТ

Массовыми топливами в настоящее время являются топлива двух марок:

ТС-1 (высшего и первого сорта)

В зависимости от качества перерабатываемой нефти (содержания серы) топливо получают либо прямой перегонкой, либо в смеси с гидроочищенным или демеркаптинизированным компонентом

РТ (высшей категории качества)

Получают, как правило, гидроочисткой прямогогонных дистиллятов в пределах выкипания 135-280°C.

Топливо РТ полностью соответствует требованиям, предъявляемым к реактивным топливам высшей категории качества, и находится на международном уровне.

Топлива для сверхзвуковой авиации (ГОСТ 12308-89):

Т-6 — получают путем глубокого гидрирования керосино-газойлевых фракций

Т-8В — получают из дистиллятов прямой перегонки нефти с применением процесса гидроочистки

Основные физико-химические свойства некоторых авиакеросинов

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, мг КОН 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
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива, не более	5	4	4
Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более	22	22	10
Массовая доля общей серы, %, не более	0,25	0,10	0,05
Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	42900	43120	42900
Содержание механических примесей и воды	Отсут.	Отсут.	Отсут.

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ "О ТРЕБОВАНИЯХ К АВТОМОБИЛЬНОМУ И АВИАЦИОННОМУ БЕНЗИНУ, ДИЗЕЛЬНОМУ И СУДОВОМУ ТОПЛИВУ, ТОПЛИВУ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПОЧНОМУ МАЗУТУ"

**Утвержден
Постановлением Правительства Российской Федерации
от 27 февраля 2008 г. N 118**

II. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ

- 19. Топливо для реактивных двигателей должно соответствовать требованиям согласно приложению N 4.**
- 20. Топливо для реактивных двигателей не должно содержать поверхностно-активные и другие химические вещества в количестве, ухудшающем его свойства.**
- 21. Топливо для реактивных двигателей, применяемое в холодном и арктическом климате, должно иметь температуру начала кристаллизации не выше минус 60 градусов Цельсия.**
- 22. Допускается реализация топлива для реактивных двигателей с температурой вспышки в закрытом тигле не ниже 38 градусов Цельсия.**

ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ТОПЛИВА ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Характеристики топлива для реактивных двигателей	Ед. изм.	Нормы в отношении	
		Летательных аппаратов с дозвуковой скоростью полета	Летательных аппаратов со сверхзвуковой скоростью полета
Кинематическая вязкость при температуре минус 20 °С, не более	мм ² /с	8	16
Температура начала кристаллизации, не выше	°С	минус 50	минус 50
или			
Температура замерзания, не выше	°С	минус 47	минус 47
Содержание механических примесей и воды	-	отсутствие	отсутствие
Фракционный состав:			
10 процентов отгоняется при температуре не выше	°С	205	220
90 процентов отгоняется при температуре не выше	°С	300	290
остаток от разгонки, не более	%	1,5	Не нормируется
потери от разгонки, не более	%	1,5	Не нормируется

ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ТОПЛИВА ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Характеристики топлива для реактивных двигателей	Ед. изм.	Нормы в отношении	
		Летательных аппаратов с дозвуковой скоростью полета	Летательных аппаратов со сверхзвуковой скоростью полета
Высота некоптящего пламени, не менее	мм	25	20
Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже	°С	28	28
Объемная доля ароматических углеводородов, не более	%	25	25
Содержание фактических смол, не более	мг/100 см ³	7	7
Массовая доля общей серы, не более	%	0,25	0,1
Массовая доля меркаптановой серы, не более	%	0,003	0,001
Термоокислительная стабильность при контрольной температуре, не ниже:	°С	260	275
перепад давления на фильтре, не более	мм.рт.ст.	25	25
цвет отложений на трубке, баллы по цветовой шкале (при отсутствии нехарактерных отложений), не более	–	3	3

ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ТОПЛИВА ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Характеристики топлива для реактивных двигателей	Ед. изм.	Нормы в отношении	
		Летательных аппаратов с дозвуковой скоростью полета	Летательных аппаратов со сверхзвуковой скоростью полета
или			
Термоокислительная стабильность в динамических условиях:			
температура начала образования отложений, не ниже	°С	80	150
индекс термостабильности, не более	-	6	2
скорость забивки контрольного фильтра, не более	кПа/мин	0,5	0,2
Удельная электрическая проводимость:	пСм/м		
без антистатической присадки, не более		10	10
с антистатической присадкой		50-600	50-600

ГАЗОТУРБИННЫЕ ТОПЛИВА

Газовые турбины широко используют в различных отраслях промышленности, энергетике и транспорте.



1. Газотурбинный двигатель (на морских и речных судах, железнодорожных локомотивах)
2. Стационарные и передвижные электрические станции
3. Газо- и нефтеперекачивающие станции

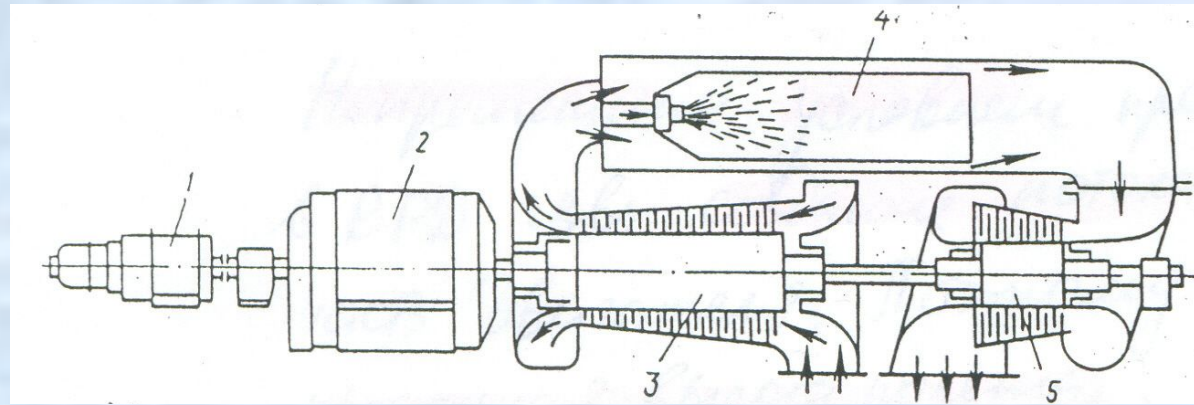
ГАЗОТУРБИННЫЕ ТОПЛИВА

Преимущества газовых турбин перед другими энергетическими установками (дизельными и паротурбинными):

- Большая мощность, малые габариты и меньшая масса на единицу мощности**
- Возможность работы на топливе любого вида: газообразном, жидком и даже твердом**
- Незначительная потребность в охлаждающей воде**
- Быстрый пуск и простота управления**
- Высокая надежность и невысокая токсичность отработавших газов**

Главный недостаток газотурбинного двигателя – сравнительно низкий КПД (дизель – 40%, паросиловая установка – 35-38%, газовая турбина – 24-27%)

Схема газотурбинной установки



1 – пусковой электродвигатель; 2 – электрический генератор; 3 – воздушный компрессор; 4 – камера сгорания; 5 – газовая турбина

Кинетическая энергия газа преобразуется в механическую работу на валу турбины. Часть энергии с вала турбины расходуется на сжатие воздуха компрессором, часть – используется для вращения электрогенератора, гребного винта судов, центробежных насосов для перекачки газа или нефти, колес локомотива и т.д.

Требования к газотурбинным топливам

- Калорийность (низшая теплота сгорания)
- Распыляемость (вязкость условная при 50°C)
- Склонность к отложениям в камере сгорания и на лопатках газовых турбин (коксуемость, зольность)
- Низкотемпературные свойства (температура застывания)
- Антикоррозионные свойства (содержание серы, сероводорода, воды)
- Содержание ванадия

Наличие ванадия приводит к высокотемпературной ванадиевой коррозии лопаток газовой турбины (образующийся оксид ванадия катализирует процесс окисления). Сера усиливает ванадиевую коррозию железных сплавов.

На нефтеперерабатывающих предприятиях газотурбинное топливо по **ГОСТ 10433-75** получают компаундированием легких газойлей коксования, каталитического крекинга и прямогонных фракций дизельного топлива, выкипающих в пределах 180 – 420°C. В некоторых случаях газотурбинное топливо получают только на основе продуктов прямой перегонки, и тогда возникают трудности с обеспечением требуемой температуры застывания (<5°C).

Характеристики топлива для газотурбинных установок (ГОСТ 10433-75)

Показатели	Марка топлива	
	А	Б
Условная вязкость при 50°C, °ВУ, не более	1,6	3,0
Теплота сгорания низшая, кДж/кг, не менее	39800	39800
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Массовая доля, %, не более:		
ванадия	0,00005	0,0004
суммы натрия и калия	0,0002	-
кальция	0,0004	-
серы	1,8	2,5
механических примесей	0,02	0,03
воды	0,1	0,5
Коксуемость, %, не более	0,2	0,5
Температура, °C:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	62
застывания	5	5
Йодное число, г I ₂ /100 г, не более	-	45
Плотность при 20°C, кг/см ³ , не более	-	935
Массовая доля свинца	Отс.	-
Примечание. Для топлив марок А и Б содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей - отсутствие		

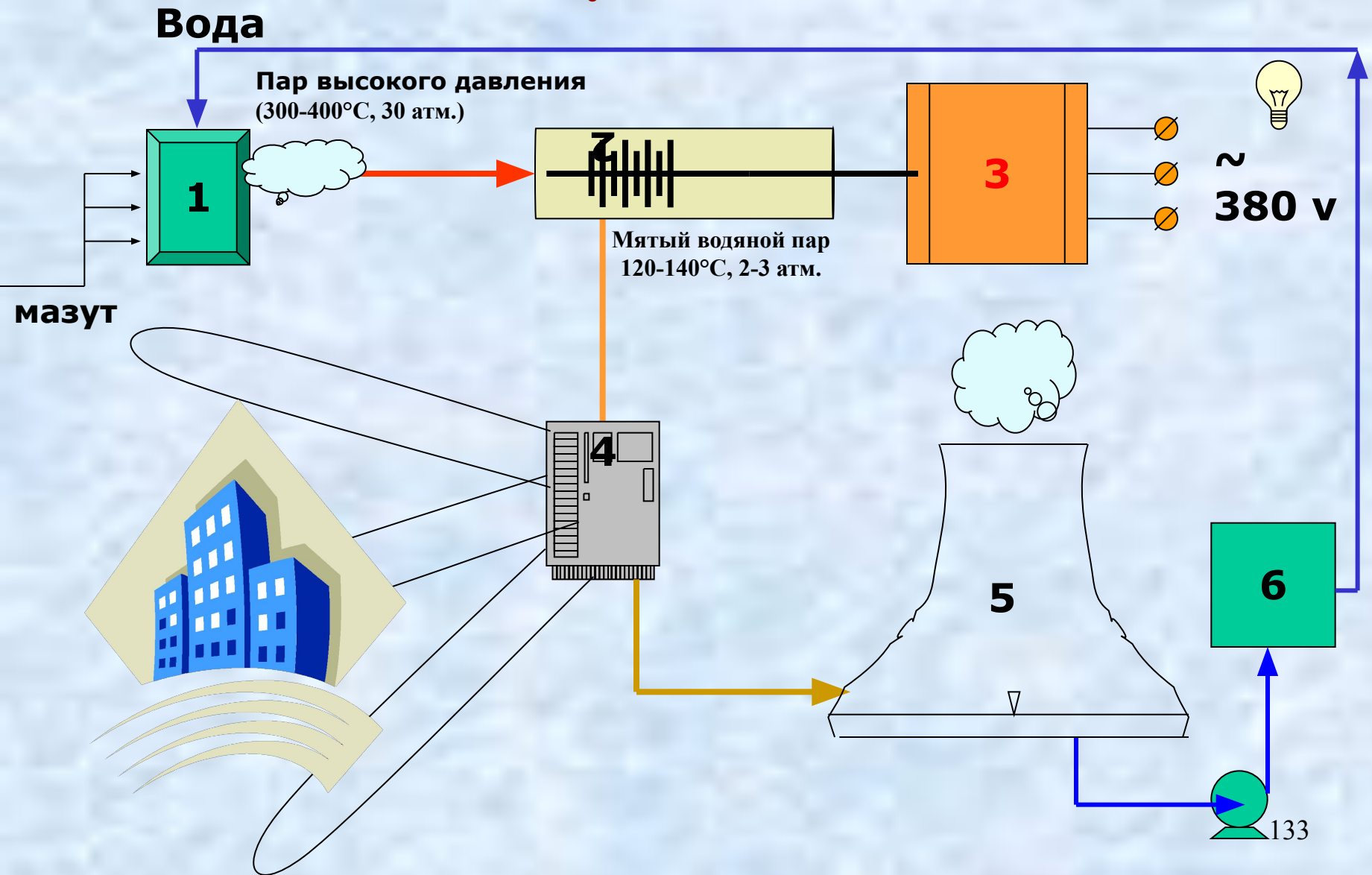
ТЯЖЕЛЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА

Топлива на базе остаточных продуктов:

- Топлива для энергетических паросиловых установок**
- Топлива для малооборотистых тяжелонагруженных судовых дизелей**



Принципиальная схема паро-силовой установки



Тяжелые энергетические и моторные топлива

Паросиловые (паротурбинные) установки:

- стационарные (ТЭС, ТЭЦ, котельные и др. – **топочные мазуты**)
- транспортные (тяжелые корабли – **флотские мазуты**)

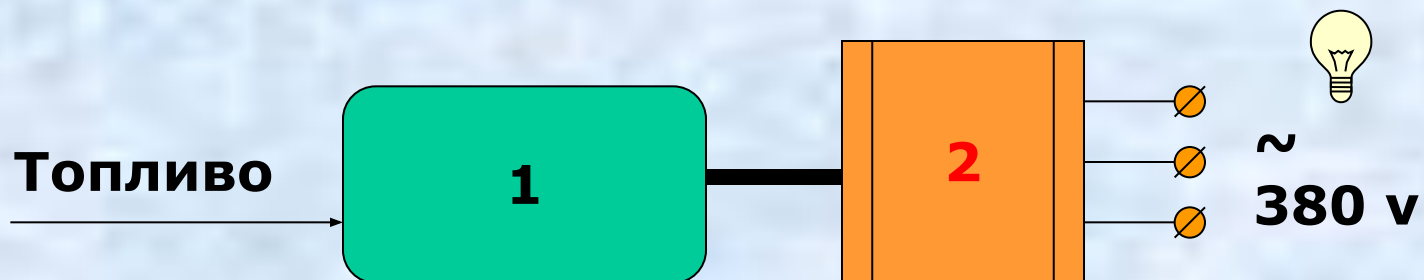
Небольшие суда работают на дизельных установках, в которых работа дизеля преобразуется в электроэнергию

число оборотов – 400-1000 (об/мин), степень сжатия до 35-40

Отличительные особенности – размеры (диаметр 0,5-1 м), тихоходные, малошумные, более мощные

Топлива для малооборотистых тяжелонагруженных судовых дизелей
содержат тяжелые остатки (до 15-20%)

Принципиальная схема дизель-силовой установки



Котельные топлива применяют в стационарных паровых котлах, в промышленных печах. **Тяжелые моторные и судовые топлива** используют в судовых энергетических установках.

К котельным топливам относят **топочные мазуты марок 40 и 100**, вырабатываемые по **ГОСТ 10585-99**, к тяжелым моторным топливам **флотские мазуты Ф-5 и Ф-12 по ГОСТ 10585-99**, моторные топлива **ДТ и ДМ - по ГОСТ 1667 – 68**.

Основные показатели качества котельных топлив, которые обеспечивают требуемый уровень эксплуатационных свойств:

- **вязкость**
- **содержание серы**
- **испаряемость и теплота сгорания**
- **температура застывания и вспышки**
- **содержание примесей**

Эксплуатационные свойства котельных и тяжелых моторных топлив

Прокачиваемость

Прокачиваемость тяжелых топлив зависит от их вязкости и температуры застывания.

Вязкость 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.

При положительных температурах (50 и 80°C) определяют условную вязкость с помощью вискозиметра ВУМ по ГОСТ 6258-85

$$\text{°ВУ} = \frac{\tau_{\text{истечения}}}{\tau_{\text{истечения воды при 20°С}}}$$

Вязкость условная – отношение времени истечения определенного количества нефтепродукта ко времени истечения того же объема воды при 20°C

Эксплуатационные свойства котельных и тяжелых моторных топлив

Котельные и тяжелые топлива являются структурированными системами, вязкость таких систем зависит не только от температуры, но и от градиента скорости течения – сдвига слоев. Т.е. для того, чтобы топливо начало прокачиваться необходимо определенное усилие, чтобы образованная структура начала разрушаться. Чем больше усилие (напряжение сдвига), тем меньше динамическая вязкость.

Вязкость при низких температурах (0°C) определяют по ГОСТ 1929-87 с помощью ротационного вискозиметра «Реотест» (динамическая вязкость, Па·с)

Для всех остаточных топлив характерна аномалия вязкости: после термической обработки или соответствующего механического воздействия повторно определяемая вязкость при той же температуре оказывается ниже начальной

Эксплуатационные свойства котельных и тяжелых моторных топлив

Вязкость мазутов изменяется в зависимости от степени их обводненности: чем больше воды, тем сильнее возрастает вязкость мазута.

Вода в мазутах может содержаться в больших количествах. Зимой мазут часто разогревают острым паром, и весь конденсат остается в топливе. Если вода в топливах распределена по всему объему равномерно, то она большой опасности не представляет. Но если вода располагается слоями или полостями, то возможна подача в топку воды и срыв пламени. Возобновление подачи мазута после срыва пламени может привести к взрыву.

Эксплуатационные свойства котельных и тяжелых моторных топлив

При попадании воды в котельное топливо образуется довольно стойкая эмульсия. Для разрушения эмульсии существует 2 пути:

- нагрев до 40-140°C с последующим длительным отстоем**
- применение деэмульгаторов (специальных присадок)**

В то же время наличие воды, равномерно распределенной по всему объему, оказывает положительное влияние на эксплуатационные свойства топлив.

Испарение мелкодисперсных частиц воды происходит мгновенно в виде «микровзрыва», процесс сгорания протекает плавно и с достаточной полнотой, что приводит к снижению удельного расхода и дымности отработавших газов.

Эксплуатационные свойства котельных и тяжелых моторных топлив

Температура застывания для остаточных топлив — величина не постоянная.

Она зависит от качества нефти и способа получения топлива. Для прямогонных топочных мазутов температура застывания практически постоянна при хранении. Тяжелых моторных топлив, получаемых смешением остаточных и дистиллятных фракций, довольно не стабильны, и температура застывания может повышаться на 4-15°C

Кроме того, на температуру застывания влияет температура и длительность нагрева, скорость охлаждения, содержание воды, длительность хранения и др.

Для снижения температуры застывания наряду с вовлечением дизельных фракций (для обеспечения и других показателей качества) применяют депрессорные присадки.

Надежность подачи мазутов в топку зависит также от содержания в топливе механических примесей и зольных элементов.

Эксплуатационные свойства котельных и тяжелых моторных топлив

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. Теплота сгорания высокосернистых топлив всегда ниже, чем сернистых или малосернистых.

Температура вспышки

Определяет требования к пожарной безопасности остаточных топлив.

Для топлив, используемых в судовых энергетических установках, нормируется температура вспышки в закрытом тигле, для котельных топлив – в открытом тигле; эти нормы обеспечивают безопасную работу судовых энергетических и котельных установок. Разница между температурами вспышки в открытом и закрытом тигле составляет примерно 30°C.

Эксплуатационные свойства котельных и тяжелых моторных топлив

Стабильность, склонность к образованию отложений

Стабильность и склонность к образованию отложений зависят от состава (количество и качества компонентов, взятых для смешения).

В продуктах термических процессов содержится много аренов (непредельных углеводородов), которые на воздухе интенсивно окисляются с образованием смолистых отложений и осадков, обладающих большой липкостью.

Чем больше в топливе смолистых веществ, тем больше осадков и отложений может образоваться в топливных системах. Общее содержание смолистых веществ в остаточных топливах характеризуется их коксуемостью.

Выпадение осадков в тяжелых остаточных топливах возможно при смешении мазутов различного происхождения или при разбавлении тяжелых топлив легкими продуктами.

Нарушения в работе энергетических установок могут вызвать зольные отложения. Зольные отложения ухудшают теплоотдачу, повышают температуру отходящих газов, ведут к снижению КПД установок.

Зольность флотских мазутов не должна превышать 0,1%, топочных - 0,14%

Эксплуатационные свойства котельных и тяжелых моторных топлив

Коррозионная активность

Коррозионная активность тяжелых топлив определяется в основном содержанием соединений серы и ванадия.

Коррозионная агрессивность сернистых тяжелых топлив ниже, чем сернистых светлых нефтепродуктов (меньше наиболее коррозионно-агрессивных соединений – меркаптанов)

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 результате на поверхностях оборудования конденсируется серная кислота, которая и вызывает усиленную коррозию металла.

Ванадиевой коррозии подвержены металлические поверхности деталей топки и котла, имеющие высокую температуру.

Ассортимент котельных и тяжелых моторных топлив

ГОСТ 10585 предусматривает выпуск 4 марок топлива:

- флотские мазуты марок **Ф-5** и **Ф-12** (цифры указывают ориентировочную условную вязкость при 50°C)
- топочные мазуты марки **40** и **100**

Мазут Ф-5 получают смешением мазута прямой перегонки сернистых нефтей, гудрона, полугудрона с дистиллятными фракциями прямой перегонки и вторичных процессов.

Мазут Ф-12 представляет собой смесь продуктов переработки малосернистых нефтей.

Основными отличиями мазута **Ф-12** от **Ф-5** являются более жесткие требования по содержанию серы (<0,6% против <2,0%) и менее жесткие требования по вязкости при 50°C

Топочные мазуты марок 40 и 100 изготавливают из остатков переработки нефти. В мазут марки 40 для снижения температуры застывания добавляют 8-15% среднедистиллятных фракций, в мазут марки 100 дизельные фракции не добавляют.

Топочные мазуты выпускают с различным содержанием серы.

Малосернистые – с содержанием серы от 0,5 до 1,0%, сернистые от 1,0 до 2,0% и высокосернистые – до 3,5%.

Показатель	Марка топлива			
	Ф-5	Ф-12	40	100
Вязкость условная,⁰ВУ (соответствующая ей кинематическая), мм²/с, не более:				
при 50⁰С	5,0(36,2)	12,0(89,0)	-	-
при 80⁰С	-	-	8,0(59,0)	16,0(118,0)
Динамическая вязкость при 0⁰С, Па·с, не более	2,7	-	-	-
Зольность, %, не более, для мазута				
малозольного	-	-	0,04	0,05
зольного	0,05	0,10	0,12	0,14
Массовая доля, %, не более:				
механических примесей	0,10	0,12	0,05	1,0
воды	0,3	0,3	1,0	1,0
Массова доля серы, %, не более, для мазута:				
низкосернистого	-	-	0,5	0,5
малосернистого	-	0,6	1,0	1,0
сернистого	2,0	-	2,0	2,0
высокосернистого	-	-	3,5	3,5
Коксуемость, %, не более	6,0	-	-	-
Температура вспышки, ⁰С, не ниже:				
в закрытом тигле	80	90	-	-
в открытом тигле	-	-	90	110
Температура застывания, ⁰С, не выше	-5	-8	10; 25*	25; 42*
Теплота сгорания (низшая) в пересчете на сухое топливо (не браковочная), кДж/кг, не менее, для мазута:				
малосернистого и сернистого	41454	41454	40740	40530
высокосернистого	-	-	39900	39900
Плотность при 20⁰С, кг/м³, не более	955	960	-	-

* - для мазута из высокопарафинистых нефтей

Ассортимент котельных и тяжелых моторных топлив

Для судовых энергетических установок вырабатывают несколько видов топлив, в том числе:

Топлива для средне- и малооборотных дизелей (ГОСТ 1667-68) вырабатывают двух марок – ДТ и ДМ. Они различаются вязкостью, коксуемостью и температурой застывания. Топливо ДТ предназначено для дизелей не оборудованных системой подготовки топлива, а топливо ДМ – для судовых малооборотных дизелей, оборудованных системой подготовки топлива (для улучшения прокачиваемости и распыливания подогревают до 60-70°C).

Судовое маловязкое топливо (ТУ 38.101567-87) это среднестиллятное топливо, в отличие от моторного ДМ и судового высоковязкого топлива, получаемых смешением остаточных и среднестиллятных фракций. Предназначено для применения в судовых энергетических установках вместо дизельного топлива.

Судовое высоковязкое топливо (ТУ 38.1011314-90) предназначено для применения в судовых энергетических установках иностранного производства, эксплуатация которых предусмотрена на топливах, соответствующих международному стандарту на судовые топлива.

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
"О ТРЕБОВАНИЯХ К АВТОМОБИЛЬНОМУ И АВИАЦИОННОМУ БЕНЗИНУ,
ДИЗЕЛЬНОМУ И СУДОВОМУ ТОПЛИВУ, ТОПЛИВУ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПОЧНОМУ МАЗУТУ"

Утвержден
Постановлением Правительства Российской Федерации
от 27 февраля 2008 г. N 118
(с изменениями на 7 сентября 2011 года)

II. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ

16. Топочный мазут должен соответствовать требованиям согласно приложению № 3.
17. Массовая доля серы в топочном мазуте, применяемом в котельных установках, не оборудованных устройствами для очистки дымовых газов, **не должна превышать 3 процента.**
- ...
- 27 Судовое топливо должно соответствовать требованиям согласно приложению № 6.

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
"О ТРЕБОВАНИЯХ К АВТОМОБИЛЬНОМУ И АВИАЦИОННОМУ БЕНЗИНУ,
ДИЗЕЛЬНОМУ И СУДОВОМУ ТОПЛИВУ, ТОПЛИВУ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПОЧНОМУ МАЗУТУ"

Утвержден
Постановлением Правительства Российской Федерации
от 27 февраля 2008 г. N 118
(с изменениями на 7 сентября 2011 года)

III. ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ

36. Подтверждение соответствия топочного мазута и судового топлива осуществляется заявителем в форме принятия декларации о соответствии на основании **собственных доказательств.**

При декларировании соответствия на основании собственных доказательств в качестве доказательных материалов используется техническая документация (паспорт продукции, документы об условиях хранения и транспортирования), результаты собственных исследований (испытаний) и измерений и (или) сертификат системы качества соответствия продукции

...

53. Выпуск в оборот судового топлива с показателем массовой доли серы допускается:

с показателем не более 3,5 процента - до 31 декабря 2010г.;
с показателем не более 2 процента - до 31 декабря 2012г.;
с показателем не более 1,5 процента – с 1 января 2013г.;

ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ТОПОЧНОГО МАЗУТА

Характеристики дизельного топлива	Ед. изм.	Нормы		
		До 31 декабря 2012 года	До 31 декабря 2014 года	Срок не ограничен
Массовая доля сероводорода, не более	%	0,003	0,002	0,001
Массовая доля серы, не более	%	-	3,5	-
Температура вспышки в открытом тигле, не ниже	°C	-	90	-

ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ СУДОВОГО ТОПЛИВА

Характеристики дизельного топлива	Ед. изм.	Нормы в отношении
Массовая доля серы, не более	%	3,5 (до 31 декабря 2010 года) 2 (до 31 декабря 2012 года) 1,5 (с 1 января 2013 года)
Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже	°C	61