

# Судовые двигатели внутреннего сгорания

Лектор: Доцент кафедры ДВС И АСЭУ, к.т.  
н., ЖИВЛЮК Григорий Евгеньевич  
Конт. Тел. 9190946

# Лекция 11

- Виды используемых топлив
- Физические свойства жидких топлив
- Эксплуатационные свойства жидких топлив
- Классификация жидких топлив
- Требования, предъявляемые к маслам
- Свойства масла
- Конструкция масла
- Классификация масел

# Виды используемых ТОПЛИВ

# Виды используемых

## ТОПЛИВ

Под термином **ТОПЛИВО** понимается вещество, которое в результате химических или иных превращений способно выделять тепловую энергию.

В настоящее время в качестве топлива, в основном, используются ископаемые углеводородные соединения.


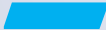
В зависимости от агрегатного состояния, топлива могут быть:

- ✓ твердыми;
- ✓ жидкими;
- ✓ газообразными.

# Виды используемых

## ТОПЛИВ

### Твердые топлива, достоинства и недостатки

	существенно дешевле нефтепроизводных ТОПЛИВ
	<p>обладают низкой удельной калорийностью, недостаток усугубляется невысокой кажущейся плотностью</p> <p>использование значительного полезного объема для хранения</p> <p>сложны для механизации процессов подготовки и подачи к потребителю.</p> <p>в результате сгорания угля образуется большое количество зольных остатков</p> <p>угольная пыль является крайне взрывоопасной</p>

# Виды используемых

## ТОПЛИВ

### Газообразные топлива:

- ✓ Природный газ:
    - Сжатый
    - Сжиженный (liquefied natural gas (LNG));
  - ✓ Сжиженный газ (liquefied petroleum gas (LPG)) – пропанобутановые смеси;
  - ✓ Угарный газ CO;
  - ✓ Водород;
  - ✓ Светильный газ (в настоящее время практически не используется
- и некоторые другие.

# Виды используемых

## ТОПЛИВ

### Достоинства и недостатки использования LNG



Потенциально низкие эксплуатационные расходы, особенно для энергетических установок газозовов и при возможности оплаты топлива судовладельцем/оператором без посредников


Использование LNG обеспечивает одновременное достижение соответствия требованиям ИМО по выбросам  $SO_x$  и  $NO_x$  для четырехтактных двигателей (100% удаление  $SO_x$  и до 85% удаления оксидов азота из отработавших газов). Для двухтактных двигателей - сокращение  $NO_x$  около 40%.

Использование технологий двухтопливных двигателей (газодизель) открывают доступ к разным видам топлива и обеспечивают возможность использования в качестве топлива перевозимых грузов (танкеры, газозовы).

# Виды используемых

## ТОПЛИВ

### Продолжение таблицы


	Постоянно растущая правовая база и поддержка стандартизации LNG в качестве «экологически чистого» топлива
	Постоянно растущий интерес операторов торгового флота к использованию LNG в качестве топлива
	Быстро развиваемая инфраструктура использования
	Не имеет вредных примесей, а, следовательно не вызывает усиленных износов деталей
	Обеспечивает достойные показатели процесса сгорания
	За счет малого соотношения C/H сокращает выбросы парникового газа CO <sub>2</sub>



# Виды используемых

## ТОПЛИВ

### Продолжение таблицы

	Организация судовых систем хранения LNG в настоящее время все еще требуют значительных инвестиций
	Недостаточно развитая инфраструктура использования LNG. Схемы бункеровки находится в стадии разработки
	Системы хранения LNG достаточно громоздки и поглощают часть грузового пространства судна

# Виды используемых

## ТОПЛИВ

### **Жидкие топлива**

Основным топливом для СЭУ, на сегодняшний день, является жидкое топливо, и, можно предположить, останется таковым еще долгое время.

Показателями, характеризующими топливо, являются его **физические** и **эксплуатационные свойства**.

К основным физическим характеристикам топлив отнесем их вязкость и плотность.

Физические  
свойства жидких  
топлив

# Физические свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### Плотность

Плотность  $d$  (*density*), [кг/м<sup>3</sup>] – отношение массы топлива к занимаемому им объему.

Удельная плотность  $d_{4}^{20}$  – отношение плотности нефтепродукта при 20°C ( $d_{20}$ ) к плотности воды при 4°C ( $d_4$ ).

Относительная плотность  $d_{15}^{15}$  – отношение плотности нефтепродукта к плотности воды, взятых при 15°C (60°F).

Можно считать, что:

$$d_{15}^{15} \cong d_{4}^{20}$$

# Физические свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### Плотность

Для корректировки плотности по температуре топлива и приведению к стандартным (нормальным) условиям используется зависимость:

$$d_{15}^{15} = d_t + k_v(t - 15).$$

Здесь  $d_t$  - плотность топлива при температуре  $t$ ,

$k_v$  - коэффициент, зависимый от паспортной плотности топлива.

Увеличение плотности топлива происходит с увеличением содержания тяжелых углеводородов. Чем тяжелее топливо, тем хуже оно очищается в сепараторах. Не следует допускать превышение плотности в 991 кг/м<sup>3</sup>.

# Физические свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### Плотность

• Наименьшей плотность обладают высококачественные парафинистые дистилляты прямой перегонки (Gas Oil – MGO) марки **Л**  $830-860 \text{ кг/м}^3$ .

Плотность ароматических дистиллятных топлив может составлять  $880-910 \text{ кг/м}^3$ .

Наибольшей плотность обладают крекинг-дистиллятные топлива, содержащие ароматические соединения – до  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

Тяжелые остаточные топлива имеют плотность  $870 - 930 \text{ кг/м}^3$ , когда в них преобладают парафинистые составляющие. С увеличением асфальтосмолистых составляющих плотность топлива возрастает до  $930-970 \text{ кг/м}^3$ . А плотность крекинг-остатков может составить до  $970-1030 \text{ кг/м}^3$ .

# Физические свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### Плотность

При работе на топливах с малой плотностью  
ВОЗМОЖНЫ:

- Недобор мощности двигателем
- Повышенный износ прецизионных деталей топливной аппаратуры.

Работа двигателя на топливах с высокой  
плотностью сопряжена с:

- Ухудшением сепарации
- Снижением экономичности с повышением температуры отработавших газов
- Повышением нагарообразования и увеличенным износом ЦПГ

# Физические свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

**Вязкость (*viscosity*)** – способность среды препятствовать сдвигу слоев.

$$F = \eta A \frac{du}{dh}$$

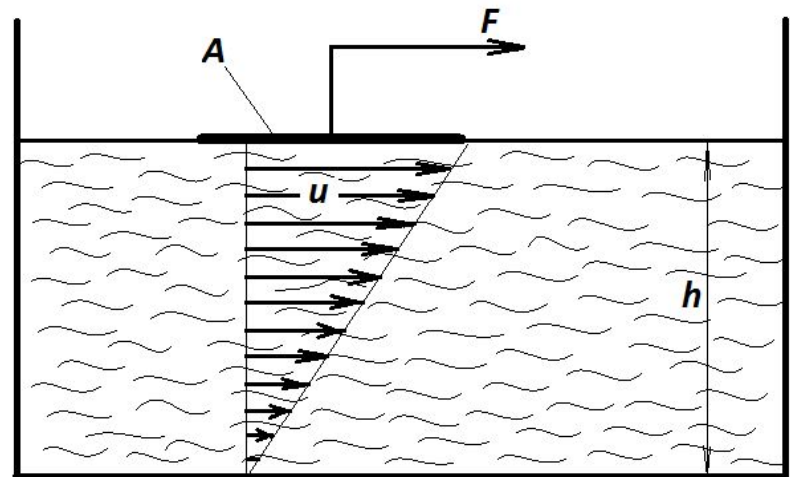
$A$  – площадь соприкосновения,  $\text{м}^2$ ;

$u$  – скорость слоев,  $\text{м/с}$ ;

$h$  – глубина,  $\text{м}$ ;

$\eta$  – динамическая вязкость,

$\text{Па} \cdot \text{с} = 10 \text{ П (Пуаз)}$ .





# Физические свойства ЖИДКИХ ТОПЛИВ

## Вязкость

В технике используется понятие **кинематической вязкости**,  $\nu$ , представляющее собой отношение

$$\nu = \frac{\text{динамическая вязкость } \eta}{\text{плотность } d}, \text{ м}^2/\text{с}$$

В тех. док. кинематическая вязкость называется просто вязкостью и измеряется в Стоксах (сантистоксах, сСт)

$$1 \text{ сСт} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$$

# Физические свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### Вязкость

Вязкость является главным классификационным параметром топлива, различают:

- Дистиллятные топлива (*distillate fuels*) с вязкостью от ~4,5 сСт при 20°C (топлива MGO - *marine gas oil*) до 14 сСт (топлива MDO - *marine diesel oil*);
- Тяжелые топлива (*heavy fuels*), HFO - *Heavy Fuel Oil* с вязкостью 30 – 700 сСт при 50 °C.

Тяжелые топлива разделяют на вязкие - *Intermediate Fuel Oil (IFO)*, высоковязкие топлива и бункерные мазуты *BFO (Bunker Fuel Oil)*

**Внимание!** Вне зависимости от вида топлива, вязкость топлива в топливоподающей системе не должна превышать 12-15 сСт.

# Физические свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### Вязкость

Превышение вязкости топлива приводит к

- Затрудненной перекачке (текучесть обеспечивается до 1000 сСт);
- Снижению экономичности, ухудшению рабочего процесса и росту температур отработавших газов из-за ухудшения процесса распыливания топлива;
- Малоэффективности отстаивания и сепарации топлива.
- Повышенному износу кулачков и роликов ТНВД, появлению трещин в корпусах.

Снижение вязкости топлива менее 2 сСт может привести к повышенным износам и задирам плунжерных пар ТНВД из-за потери топливом его смазывающих свойств

# Эксплуатационные свойства жидких топлив

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

**Эксплуатационные свойства топлива** — это тот комплекс объективных особенностей топлива, которые проявляются в процессе эксплуатации.

К эксплуатационным свойствам относятся:

- прокачиваемость;
- испаряемость;
- воспламеняемость;
- горючесть;
- совместимость;
- стабильность;
- содержание вредных примесей и др.

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

**Прокачиваемость** — это эксплуатационное свойство, характеризующее особенности и результаты процессов, которые происходят при перекачке топлива по трубопроводам, топливным системам и при фильтрации

**Температура помутнения (cloud point)** определяет ту температуру, при которой начинается кристаллизация органических соединений и влаги, в результате чего топливо теряет прозрачность. В основном, для легких топлив.

**Температура застывания (pour point)** — температура, при которой топливо теряет подвижность. Этот параметр должен быть на 10 – 15 °С больше, чем минимальная температура эксплуатации энергетической установки

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### **Испаряемость**

характеризует результаты и особенности процессов перехода топлива из жидкого в газообразное состояние.

Температурная зависимость количества выкипевшего топлива от температуры, которая называется **температурной характеристикой фракционного состава топлива**. Чем меньше интервал температур полного выкипания топлива, тем выше его качество.

Избыток легких фракций приводит к увеличению жесткости работы двигателя, а избыток тяжелых фракций — к повышенному дымлению и снижению топливной экономичности ДВС

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

**Горючесть** — это свойство, характеризующее особенности и результаты процессов горения топливовоздушной смеси, протекающих в камерах сгорания тепловых двигателей.

**Удельная теплота сгорания, или теплотворная способность топлива (*calorific value or specific energy*)** – то количество тепловой энергии, которое выделяется при сгорании одного кг топлива,  $Q_H$  (МДж/кг) без удельной теплоты конденсации влаги. Важным параметром горючести жидких топлив является **цетановое и октановое числа**, которое определяет склонность топлива к самовоспламенению (*selfignition*). Для HFO используют **Расчетный углеродно-ароматический индекс (ССАИ)**, предложенный ф. «ШЕЛЛ»



# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

**Воспламеняемость** характеризует особенности и результаты процессов воспламенения смеси паров топлива с воздухом.

**Температура вспышки в закрытом тигле (*flash point*)**. Это та минимальная температура, при которой происходит вспышка паров в смеси с воздухом в закрытом тигле стандартного прибора Мартенс–Пенского при соприкосновении с открытым пламенем.

В соответствии с правилами Регистра, топлива, применяемые на судах, должны иметь температуру вспышки в закрытом тигле не менее 60 °С

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### **Совместимость (compatibility)**

характеризует особенности и результаты процессов смешения разных сортов топлив или разных поставок (брендов)

Остаточные топлива, в отличие от дистиллятных не являются однородными и представляют из себя коллоидную среду из углеводородов с небольшим отношением С/Н в которой диспергированы скопления асфальто-смолистых соединений. Смешение таких топлив (особенно с дистиллятными) при определенных условиях может спровоцировать объединение мицелл и выпадение их в осадок. Такие смеси называют **несовместимые (incompatibility)**.

Тест на совместимость производится по методике «пятна» ASTM-D2781

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

**Совместимость с материалами** характеризует особенности и результаты процессов коррозии, разрушения и изменения свойств материалов при их контакте с топливом

Основными показателями этого качества топлива являются: массовые доли серы и меркаптановой серы; содержание сероводорода, а также содержание водорастворимых кислот и щелочей. Совместимость с материалами для тяжелых топлив, кроме того, определяется наличием в топливе ванадия и натрия, вызывающих так называемую ванадиевую коррозию

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### **Противоизносные свойства**

характеризуют особенности и результаты процессов изнашивания трущихся поверхностей, которые могут протекать в присутствии топлива

Одним из основных показателей противоизносных свойств топлива является **ВЯЗКОСТЬ**.

# Эксплуатационные свойства ЖИДКИХ ТОПЛИВ

**Токсичность** — это свойство, которое определяет особенности и результаты воздействия топлива и продуктов его сгорания на человека и окружающую среду.

Показатели токсичности регламентируются СНИП в ПДК.

# Эксплуатационные свойства ЖИДКИХ ТОПЛИВ

## **Сохраняемость —**

это свойство топлива, которое определяет способность сохранять свои свойства и стабильное качество на протяжении срока хранения

Основной показатель свойства —  
**гарантийный срок хранения.**

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### **Склонность к образованию отложений**

При низких температурах определяется, главным образом, концентрацией фактических смол, которые представляют собой сложные продукты окисления, полимеризации и конденсации углеводородов.

Высокотемпературные отложения обуславливаются **КОКСУЕМОСТЬЮ** и **ЗОЛЬНОСТЬЮ** ТОПЛИВА.

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

**Коксуемость** - свойство тяжелых углеводородов под воздействием высоких температур и давлений без доступа кислорода воздуха образовывать твердые остатки, которые называются коксом. Коксуемость — косвенный показатель склонности топлива к нагарообразованию.

Нагарообразование на поверхностях деталей, формирующих камеру сгорания двигателя, провоцирует интенсивный износ и залегание поршневых колец.



# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

**Зольность топлива** — это способность топлива к образованию золы в результате сгорания. Зола, отложившаяся в камере сгорания, вызывает ускоренный износ деталей цилиндропоршневой группы двигателя.

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### **Содержание вредных примесей в топливе**

**Сера** содержится в тяжелых топливах в количестве приблизительно 3%. Допустимый предел – 5%. С 2020 г. введено глобальное ограничение содержания серы в топливе до 0,5% с целью минимизации вредного воздействия СЭУ на окружающую среду. Тем не менее, использование высокосернистых топлив *HSFO (High-Sulphur Fuel Oil)* остается возможным при условии использования систем очистки отработавших газов – скрубберов.

В топливах сера содержится в виде элементарной серы, сероводорода, меркаптановой серы, сульфидов и дисульфидов.

Наибольший ущерб двигателю наносится при развитии сернистой коррозии деталей ЦПГ.

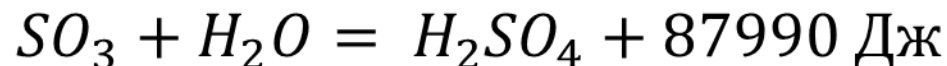
# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

- **Содержание вредных примесей в топливе.**

- Сера**

- При сгорании топлива сера окисляется до сернистого ангидрида  $SO_2$ , часть которого окисляется до  $SO_3$ , далее



- В последствии серная кислота конденсируется при  $t \leq 120 \text{ }^\circ\text{C}$  и инициирует электрохимическую коррозию гильзы цилиндра и поршневых колец, вызывая их коррозионный износ. Кроме того, оксиды серы провоцируют образование нагара на деталях ЦПГ и отложений на окнах, каналах, выпускных клапанах и лопатках турбин ТК; вызывают истончение масляной пленки, а, проникая в картерное пространство, вызывают коррозию деталей КШМ.

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

- **Содержание вредных примесей в топливе.**

### Сера

В целях сокращения меры воздействия продуктов сгорания *HSFO* на коррозионный износ деталей ЦПГ в циркуляционное и цилиндрическое масла вводят присадки в виде соединений щелочных металлов. Нейтрализующая способность масел характеризуется Обще Щелочным Числом ОЩЧ (*Total Base Number (TBN)* и *Base Number (BN)*) и выражается в мгКОН/г масла.

При выборе масла следует придерживаться требований изготовителя или

$$\text{ОЩЧ} = S\% \cdot (10 \dots 20)$$

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### **Содержание вредных примесей в топливе. Ванадий, натрий**

Ванадий (V) содержится в остаточных тяжелых топливах в количестве, в среднем 100 – 150 ppm, но может достигать до 500 – 600 ppm. Содержание органических соединений натрия (Na) редко достигает 30 ppm, но NaCl может быть занесен в топливо с морской водой.

Негативное влияние ванадия на конструкцию двигателя двояко.

Во-первых, в ходе сгорания углеводородного топлива, несгорающий ванадий окисляется. В свою очередь, оксиды ванадия являются эффективными катализаторами окисления  $SO_2$  до  $SO_3$ , т.е. провоцируют низкотемпературные коррозионные износы. Аналогичные свойства проявляет железо - Fe

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

- **Содержание вредных примесей в топливе.**  
**Ванадий, натрий**

Во-вторых, оксиды ванадия представляют собой наибольшую угрозу для уплотнительных фасок выпускных клапанов высокофорсированных двигателей. Сами по себе оксиды ванадия достаточно тугоплавки ( $690^{\circ}\text{C}$  для  $V_2O_5$  и  $1970^{\circ}\text{C}$  для  $V_2O_4$  при температуре отработавших газов до  $600^{\circ}\text{C}$  и немногим более ) и в твердом состоянии не наносят вреда, не имея возможности осесть на поверхности клапана. Но в соединении с сульфатом натрия  $Na_2SO_4$ , температура плавления понижается до  $530^{\circ}\text{C}$ , и тогда состав заливает на нагретом клапане, стекает на фаску и вызывает крайне интенсивное коррозионное действие – натрий-ванадиевую коррозию, приводящую к прогару клапана.

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### **Содержание вредных примесей в топливе.**

#### **Алюмосиликаты**

Алюмосиликаты (*aluminum/silicon content*) вызывают катастрофический абразивный износ подвижных деталей топливоподающей аппаратуры дизелей и ЦПГ. Поэтому их содержание ограничивается до 80 ppm.

#### **Механические примеси**

Все остаточные топлива помимо мех частиц содержат некоторое количество осадков – шлама (*total sediment*) в виде агломератов асфальтенов, кокса и минеральных включений, которые, равно как и алюмосиликаты, вызывают абразивные износы. Содержание оценивается методом горячей фильтрации *TSP (Total Sediment Potential)* для тяжелых топлив и без нагревания – *TSE (Total Sediment Existent)* для легких топлив.  $TSE = 0,01 - 0,02 \%$ ,  $TSP = 0,1\%$  (ГОСТ до 0,25%)

# Эксплуатационные свойства

## ЖИДКИХ ТОПЛИВ

### **Содержание вредных примесей в топливе.**

#### **Вода**

Вода может присутствовать в топливе либо в виде диспергированных капель, либо в виде крупных конгломератов на дне танков. Количество воды (*water content*) в топливе ограничивается до 0,3% для дистиллятных и 1% для остаточных тяжелых топлив (ГОСТ допускает до 2%).

Вода попадает в топливо при транспортировке, в процессе бункеровочных операций, при конденсации влаги, не исключено попадание через подтекающие змеевики парового подогрева.

Обводнение топлива вызывает коррозию ТА и заклинивание плунжерных пар; способствует образованию шлама за счет коагуляции смолистых соединений, способствует развитию натрий-ванадиевой коррозии. И, что очень не приятно, может повлечь за собой бурный рост бактерий – **микробиологическое поражение топлива.**



# Классификация ЖИДКИХ ТОПЛИВ

# Классификация жидких ТОПЛИВ

## Классификация РФ

•  
1. Легкие дистиллятные топлива. Топливо дизельное летнее **Л** (3 – 6 сСт / 20°C), зимнее **З** (1.8 – 5 сСт / 20°C), (арктическое **А** ).

Обозначение: Л-0,2-61 - летнее топливо содержит не более 0,2% серы и имеет температуру вспышки в закрытом тигле 61°C.

К этой категории топлив следует отнести Топливо маловязкое судовое и Топливо дизельное УФС.

З-0,1-минус35 – зимнее топливо содержит не более 0,1% серы и имеет температуру застывания – минус 35°C.

2. Вязкие тяжелые топлива. Топливо газотурбинное ТГ и ТГВК (Высшего Качества отличается от ТГ низким содержанием серы и мех примесей), вязкость 21 сСт при 50°C.

# Классификация жидких ТОПЛИВ

## Классификация ГОСТ

### 3. Высоковязкие топлива.

Топливо моторное ДТ (36 сСт/50°C) и ДМ (150 сСт/ 50°C).

Мазут флотский Ф5 (36,2 сСт/50°C) и Ф12 (89 сСт/50°C)

Мазут топочный 40 (260 сСт/50°C или 59 сСт/80°C) и 40В (170 сСт/50°C или 43,8 сСт/80°C).

Топливо для экспорта (технологическое) Э-4,0 (100 сСт/50°C) и Э-5,0 (150 сСт/50°C).

Международный стандарт **ISO 8217:2017 «Petroleum Products — Fuels (class F) — Specifications of marine fuels»** несет иную классификацию судовых топлив, а действующий стандарт последнего поколения Российской Федерации **ГОСТ Р 54299-2010 «Топлива судовые. Технические условия»**.

полностью соответствует со стандартом ISO

# Классификация жидких ТОПЛИВ

## Классификация ГОСТ Р 54299-2010

“Настоящий стандарт устанавливает требования к судовым топливам для судовых энергетических установок (дизелей и котлов) и включает в себя:

- четыре марки дистиллятного топлива, одно из них для дизельных двигателей, используемых для аварийных целей:  
*DMX, DMA, DMZ, DMB* - код ОКП 02 5196;

- 11 марок судовых остаточных топлив:  
*RMA 10, RMB 30, RMD 80, RME 180, RMG 180, RMG 380, RMG 500, RMG 700, RМК 380, RМК 500, RМК 700* - код ОКП 02 5213.”

В стандарте ISO 8217:2017 расширен ассортимент дистиллятного топлива марками *DFA, DFZ* и *DFB* с максимальным содержанием метиловых эфиров жирных кислот.

# Смазка ДВС

# Смазка в ДВС

Смазка выполняет функцию снижения сил трения в подвижных деталях и, в зависимости от своего агрегатного состояния, может быть газовой, жидкой, твердой и консистентной.

- **Газовая смазка** используется в малонагруженных механизмах и реализуется благодаря поддуву газа в подвижные соединения. Ввиду малой несущей способности в ДВС не используется.
- **Твердая смазка** также используется, в основном, в малонагруженных механизмах и не способна отводить тепло от пар трения, поэтому не получают распространение в ДВС.
- **Консистентная смазка** используется в подшипниках качения и для смазки определенного вида уплотнений.

# Смазка в ДВС

Основным видом смазки, получившей широкое распространение в ДВС, является **жидкая смазка**. Для использования жидкой смазки требуется организация системы, которая конструируется по замкнутому принципу. Таким образом смазка в ДВС - циркуляционная, использующая постоянный объем масла.

Исходя из этого, основное внимание уделим жидким смазкам – маслам.

Требования,  
предъявляемые к  
маслам



# Требования, предъявляемые к маслам

**Масло в ДВС выполняет следующие функции:**

1. Уменьшение сил трения и сокращение износа подвижных деталей в парах трения (в том числе и коррозионного).
2. Охлаждение деталей и съем тепла, выделяющегося в парах трения.
3. Удаление продуктов износа и загрязняющих примесей и зон трения.
4. Уплотнение деталей цилиндропоршневой группы.
5. Сокращение меры воздействия на внутренние детали двигателя агрессивной среды картерных газов и консервация деталей.

# Требования, предъявляемые к маслам

**Для обеспечения своих функций к маслам  
предъявляются требования:**

1. Масло должно обладать необходимой вязкостью, стабильными вязкостно-температурными характеристиками и низкой испаряемостью.
2. Должно противостоять высоким давлениям в парах трения, обеспечивать высокие антиизносные свойства.
3. Быть термостабильным и выдерживать воздействие высоких температур без окисления и нагарообразования.
4. Поддерживать чистоту деталей за счет своих моюще-диспергирующих свойств.
5. Производить нейтрализацию кислот, образующихся в процессе сгорания топлива в двигателе и вызывающих коррозию
6. Обеспечивать консервацию деталей двигателя за счет антикоррозионных свойств.

# Свойства масла

# Свойства масла

**Для поддержания требований и исполнения функций масло обладать рядом свойств:**

Все те свойства топлив, которые были рассмотрены ранее характерны и для масла. Остановимся на наиболее значимых и обозначим новые.

**Плотность** масел лежит в пределах  $860 - 930 \text{ кг/м}^3$ , что обеспечивает достойную сепарацию. Более легкие масла имеют парафиновые основания, а более тяжелые – нафтеновые. Плотность масла может уменьшаться в случае попадания в масло более легкого топлива и увеличиваться – с накоплением в работающем масле продуктов износа или окисления.

# Свойства масла

**Для поддержания требований и исполнения функций масло обладать рядом свойств:**

**Вязкость** - важнейшее свойство масла. Высокая вязкость масла хорошо защищает пары трения от возникновения граничного трения вероятности возникновения задира, но при этом возрастают силы вязкостного гидродинамического трения, тем самым снижая механический КПД двигателя и его топливную экономичность. Напротив, низкая вязкость масла уменьшает силы трения и сокращает механические потери, в то время как несущая способность масляного клина резко падает. Поэтому при выборе масла необходимо учитывать эти две тенденции и неуклонно следовать рекомендациям завода изготовителя.

# Свойства масла

## Индекс вязкости

Вязкость масла имеет сильную зависимость от температуры и при нагреве масла его вязкость может существенно уменьшаться. Обычно в сертификате можно найти вязкость масла при 40°C и 100°C (100°F и 210°F). Для оценки степени зависимости вязкости масла от температуры введен эмпирический коэффициент, который называется ИНДЕКСОМ ВЯЗКОСТИ.

Индекс вязкости (V.I.) характеризует вязкостно-температурную характеристику масла. Чем он выше, тем слабее эта зависимость и масло считается более качественным. При выборе предпочтение следует отдавать маслам с индексом вязкости 85 – 100 (до 115), которые обеспечат работоспособность двигателя в широком

# Свойства масла

- **Нейтрализующая способность**

Нейтрализующее действие (*alkalinity property*) заключается в способности масла к нейтрализации кислот, образующихся в результате сгорания топлива (серная кислота) и окисления самого масла (органические кислоты). Это достигается путем введения в масло присадок, придающих ему щелочные свойства. Оценивается Общешелочным числом ОЩЧ или *TBN* – СМ. РАНЕЕ.

- **Температура застывания**

Та температура, при которой перекачка и циркуляция масла оказывается невозможной по причине потери подвижности. Для судовых систем этот параметр 9 - 15°C, однако для двигателей, эксплуатируемых на открытом воздухе температура прокачиваемости существенно ниже

- 
-

# Конструкция масла



# Конструкция масла

Масло состоит из основы, которая может иметь минеральное или синтетическое происхождение и спектра присадок, придающих маслу требуемые эксплуатационные свойства.

## Основы масла.

Минеральная основа масла производится из мазутов путем вакуумной перегонки. В результате получаются несколько масляных дистиллятов различной вязкости и гудрон. В дальнейшем масляные фракции подвергаются механической очистке и химической обработке и в результате получаются базовые минеральные масла.

Минеральная основа имеет специфические свойства, определяемые природным составом, причем эти свойства могут варьироваться в зависимости от месторождения, из которого получена нефть.

# Конструкция масла

## Основа масла.

Синтетическая основа масла позволяет исключить влияние природного состава на свойства масла и придать основе специфические желаемые свойства.

Современное развитие технологий позволяет синтезировать молекулы углеводородов и создавать основы масел с прогнозируемыми свойствами, такие основы и масла называют синтетическими.

## Технология конечной стадии производства масла

Заключается в смешении в потоках нагретых до определенной температуры компонентов базовых масел с растворимыми или диспергируемыми (при данной температуре) присадками

# Конструкция масла

**Присадкой** называют вещество, добавляемое к смазочному материалу для придания ему новых свойств или изменению существующих.

**Антиокислительные присадки** — это присадки, препятствующие ограничивающие или задерживающие окисление смазочного материала. Основное окисление углеводородов, входящих в состав масла, происходит в тонких пленках масла на деталях ЦПГ под воздействием температур и кислорода воздуха. Окисление масла в картере происходит с меньшей скоростью ввиду более низких температур. Инициаторами процессов окисления масла, помимо кислорода воздуха могут являться продукты частичного окисления топлива, а также продукты износа, которые каталитически ускоряют окисление углеводородов масла.

# Конструкция масла

**Моющие присадки** — присадки, препятствующие образованию углеродистых отложений на внутренних поверхностях двигателя и удерживающих твердые частицы в масле во взвешенном состоянии. Все моющие присадки это малорастворимые поверхностно-активные вещества, полярные группы молекул которых адсорбируются на поверхности деталей и способствуют нарушению адгезионных связей отложений.

**Диспергирующие присадки** — присадки повышающие дисперсность нерастворимых загрязнений и стабильность суспензий при не высоких рабочих температурах (т. е. в объеме масла). Иными словами препятствуют образованию крупных частиц загрязнений в масле и удерживают их в объеме масла, предотвращая отложение их на поверхностях деталей.

# Конструкция масла

**Вязкостные присадки** — такие присадки, обычно полимеры, которые способны понизить степень изменения вязкости масел с изменением температур, тем самым, увеличивая индекс вязкости. В основном вязкостные присадки способны повышать вязкость масла при высоких температурах, не влияя на вязкость основы при температурах запуска холодного двигателя.

*Нужно иметь в виду, что применение вязкостных присадок зачастую придают маслу свойства неньютоновской жидкости, у которой вязкость зависит не только от температуры, но и от градиента скорости сдвига. Причем с увеличением градиента скорости сдвига вязкость масла снижается и приближается к вязкости базового масла, но этот процесс обратим.*

# Конструкция масла

**Депрессорные присадки** – снижают вязкость масла в условиях низких температур

# Конструкция масла

**Противоизносные присадки** — такие присадки, которые способны препятствовать изнашиванию трущихся поверхностей или уменьшать скорость и интенсивность процессов износа. В различных деталях двигателя, смазываемых одним и тем же маслом, механизм износа может быть очень разным. В отношении каждого из видов изнашивания, имеющих место в сопрягаемых деталях, противоизносное действие проявляют разные присадки.

# Конструкция масла

**Противозадирные присадки** — препятствуют, ограничивают или задерживают заедание трущихся поверхностей. В отличие от противоизносных присадок, эти присадки предотвращают до известного предела катастрофические для данного смазываемого сопряжения последствия при развитии наиболее тяжелой формы изнашивания, когда нарушается граничная смазка и возникает прямой металлический контакт в сопряжении деталей. Присадки вызывают, так называемое, вырождение задира за счет образования на поверхности непосредственного контакта металлов пленки (например, сульфидов), имеющей меньшее сопротивление сдвигу.



# Конструкция масла

**Антикоррозионные присадки** — это присадки ограничивающие, препятствующие или задерживающие время развития коррозии смазываемых поверхностей. Применительно к дизельным маслам, нужно уточнить, что к антикоррозионным присадкам не относятся щелочные нейтрализующие присадки, используемые в маслах для нейтрализации сильных кислот, которые находятся в продуктах сгорания, проникающих из камеры сгорания в подпоршневое пространство дизеля. Антикоррозионные присадки создают на поверхностях деталей пленку сульфида или фосфида, достаточно прочную, чтобы противостоять механической нагрузке, разрушающему действию моющих присадок и не растворимую в органических кислотах — продуктах окисления масла.

# Конструкция масла

**Деэмульгаторы** – присадки, предающие маслу способность отделять воду и осаждаь ее в осадок. Деэмульгаторы препятствуют маслу образовывать эмульсии, которые провоцируют коррозию и резко ухудшают характеристики масла. Устойчивость эмульсии определяется наличием в масле поверхностно-активных веществ, свойствами которых, в том числе, обладают продукты окисления масла (смолы, мыла и пр.) Этим объясняется тот факт, что отработавшие масла более склонны к образованию эмульсий. Таким образом, задачей присадки является способность растворять либо выделять из состава природные или образовавшиеся в масле поверхностно-активные вещества.

# Конструкция масла

**Противопенные присадки** — уменьшают образование пены в масле и препятствующие ее образованию.

**Антифрикционные присадки или модификаторы трения** — целью их использования является снижение потерь на трение в смазываемых агрегатах и узлах, т. е. повышение механического КПД двигателя. В качестве модификаторов трения предлагаются к использованию различные твердые нерастворимые в масле и малорастворимые органические вещества, такие как коллоидальный графит, дисульфид молибдена, оксид цинка, порошки полимеров и др.

**Никогда не смешивайте масла и не добавляйте в них неизвестные присадки – обращайтесь за консультацией к производителям**

# Класификация масел

# Классификация масел

- Ассортимент, технические условия и принципы классификации моторных масел изложены в:

**ГОСТ 17479.1-85 Масла моторные. Классификация и обозначение (с Изменениями N 1, 2, 3).**

**ГОСТ 12337-84 Масла моторные для дизельных двигателей. Технические условия (с Изменениями N 1-7).**

Масла классифицируются по классу вязкости и уровню эксплуатационных свойств / области применения.

**Класс вязкости** в первом приближении, можно рассматривать как условную вязкость при 100 °С в сСТ. В зависимости от кинематической вязкости моторные масла делят на классы (всего 12). Зимние классы обозначены с индексом 3 - 3<sub>з</sub>, 4<sub>з</sub>, 5<sub>з</sub>, 6<sub>з</sub>, летние – 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24. Для всесезонных классов (обозначение дробью) указывают принадлежность к одному из зимних (числитель дроби) и одному из летних (знаменатель дроби) классов - 3<sub>з</sub>/8, 4<sub>з</sub>/6, 4<sub>з</sub>/8, 5<sub>з</sub>/10, 5<sub>з</sub>/12, 5<sub>з</sub>/14, 6<sub>з</sub>/10, 6<sub>з</sub>/14 и 6<sub>з</sub>/16.

# Классификация масел

## **Обозначение области применения и уровня эксплуатационных свойств**

В зависимости от области применения моторные масла делят на группы А, Б, В, Г, Д, Е. Чем выше уровень эксплуатационных свойств масла, тем дальше по алфавиту буква в обозначении. Индекс 1 присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс 2 - для дизелей.

Универсальные моторные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и в бензиновых двигателях одного уровня форсирования (обозначаемые одинаковой буквой, индекса в обозначении не имеют).

Универсальные моторные масла, принадлежащие к разным группам, должны иметь двойное обозначение, в котором первое характеризует качество масла при применении в дизелях, второе - в бензиновых двигателях.

# Классификация масел

За буквенным обозначением может следовать уточнение области применения масла.

## **Примеры обозначения моторных масел** **по ГОСТ 17479.1-85**

- М-16-В<sub>2</sub>

где М - моторное масло, 16 - класс вязкости В<sub>2</sub> - масло для среднефорсированных дизельных двигателей;

- М-63/10-В,

где М - моторное масло, 6/10 - класс вязкости, В - универсальное масло для среднефорсированных дизельных и бензиновых двигателей;

- М-14-Д (цл20),

где М - моторное масло, 14 - класс вязкости (табл.1), Д - масло для высокофорсированных дизелей с наддувом, цл 20 - масло может быть использовано в циркуляционных и лубрикаторных системах смазки и имеет щелочность около 20 мг КОН/г;

# Классификация масел

В международной практике для классификации масел используется классификатор Сообщества автомобильных инженеров (*Society of Automotive Engineers, SAE*), устанавливающий классы вязкости масел и классификатор Американского института нефти (*American Petroleum Institute, API*), отражающий область применения и уровень эксплуатационных свойств масла. В обозначении масла эти классификаторы используются совместно.

## **Примеры обозначений по SAE**

SAE 40 – моторное масло с вязкостью при 100 °С 12,5 – 16,3 сСт, соответствует маслу М 14 или М16 по ГОСТ 17479.1-85.

SAE 15W – зимнее моторное масло с вязкостью при 100 °С не менее 5,6 сСт, температурой прокачиваемости до -25°С, соответствует маслу М 5з по ГОСТ 17479.1-85.

SAE 20W40 – всесезонное моторное масло с вязкостью при 100 °С 12,5 – 16,3 сСт, соответствует М 6з/14 по ГОСТ 17479.1-85.



# Классификация масел

## Классификация масел по SAE J300

Класс по SAE	Низкотемпературная вязкость		Высокотемпературная вязкость		
	Проворачивание*	Прокачиваемость**	Вязкость		Вязкость, мПа · с, при 150 °С и скорости сдвига 106с-1, не менее
			мм2/с, при 100° С		
Максимальная вязкость, мПа · с, при t, °С	Максимальная вязкость, мПа · с, при t, °С	Min	Max		
0W	3250 при -30 °С	60000 при -40 °С	3,8	-	
5W	3500 при -25 °С	60000 при -35 °С			
10W	3500 при -20 °С	60000 при -30 °С	4,1	-	-
15W	3500 при -15 °С	60000 при -25 °С	5,6	-	-
20W	4500 при -10 °С	60000 при -20 °С	5,6	-	-
25W	3250 при -5 °С	60000 при -15 °С	9,3	-	-
20	-	-	5,6	<9,3	2,6
30	-	-	9,3	<12,5	2,9
40	-	-	12,5	<16,3	2,9*a
40	-	-	12,5	<16,3	3,7*aa
50	-	-	16,3	<21,9	3,7
60	-	-	21,9	<26,1	3,7

# Классификация масел

## Классификация масел по API

Классификатор API отражает только область применения и эксплуатационные свойства масел содержит набор букв.

Первая буква отражает категорию масел, S или C

- Категория S (Service) – масла, предназначенные для бензиновых двигателей.
- Категория C (Commercial) – масла для дизельных двигателей.

Вторая буква отражает уровень эксплуатационных свойств. Чем дальше буква от начала латинского алфавита, тем выше уровень.

Универсальные масла маркируются дробью: в числителе указывают основное назначение, в знаменателе – в каком двигателе масло может использоваться дополнительно (в качестве замены).

# Классификация масел

## Примеры обозначений масел по API

API SL – масла для бензиновых двигателей, выпущенных с 2001 по 2004 года. Отличительные характеристики: улучшенные антиокислительные, противоизносные, моющие и энергосберегающие свойства.

API CE – масло для высокофорсированных перспективных дизельных двигателей с высоким турбонаддувом, работающих в тяжелых условиях, может использоваться вместо масел классов CC и CD.

В обозначение может вводиться цифра, обозначающая тактность двигателя, например, API CI-4 – масло для четырехтактных дизельных двигателей, проектируемых для удовлетворения нормам по токсичности отработавших газов, оборудованных системой рециркуляции отработанных газов (EGR).

API SG/CD – универсальное масло, разработанное для бензиновых двигателей может применяться в дизелях.

API CF-4/SH Универсальное моторное масло для дизельных и бензиновых двигателей

# Классификация масел

Помимо рассмотренных, существует достаточно большое число классификаторов, среди которых можно выделить ACEA (*European Automobile Manufacturers Association*) — Ассоциация европейских производителей автомобилей. Данной аббревиатурой обозначается сообщество из Европы. В него входит пятнадцать фирм, производящих моторное масло в больших объемах. Классификатор сконцентрирован на поддержание экологических стандартов и предусматривает категории:

A/B — моторные масла для бензиновых двигателей и дизелей легковых автомобилей, фургонов, микроавтобусов.

C — моторные масла для бензиновых и дизельных двигателей с катализаторами восстановления отработавших газов.

E — моторные масла для мощных дизелей грузовых автомобилей.



**Благодарю  
за  
внимание**