

**ТЕМА №1: ВИДЫ ТОПЛИВ,
ИХ СВОЙСТВА И ГОРЕНИЕ**

Сырбаков А.П.

ТЕМА №1: ВИДЫ ТОПЛИВ, ИХ СВОЙСТВА И ГОРЕНИЕ

ТОПЛИВО

```
graph TD; A[ТОПЛИВО] --> B[ГОРЮЧАЯ ЧАСТЬ]; A --> C[НЕГОРЮЧАЯ ЧАСТЬ (балласт)];
```

ГОРЮЧАЯ ЧАСТЬ

представляет собой совокупность органических соединений, в которую входят углеводород, водород, кислород, азот и сера

НЕГОРЮЧАЯ ЧАСТЬ (балласт)

состоит из минеральных примесей, золы и влаги

Состав горючей части топлива.

Углерод С - основная горючая часть топлива.

С увеличением его содержания тепловая ценность топлива повышается.
В различных видах топлива содержится от 50 до 70 % С.

Водород Н - вторая по значимости составляющая горючей части топлива.
В сравнении с углеродом Н содержится в топливе меньше (до 25 %), а теплоты при сгорании выделяет в четыре раза больше.

Азот N - не горит. Содержание в твердом и жидком топливе составляет 0,5 ... 1,5 %.

Сера S - при ее сгорании выделяется определенное количество теплоты. Но сам продукт сгорания является весьма нежелательной частью топлива, ибо сернистый и серный ангидриды вызывают сильную газовую или жидкостную коррозию металлических поверхностей.
Содержание серы в топливе составляет от долей % до 8 %.

Зола А - представляет собой не горючий твердый компонент, является нежелательной и даже вредной примесью, так как ее присутствие усиливает абразивный износ и усложняет эксплуатацию установок.

Влага W - весьма нежелательная примесь, так как, во первых, часть теплоты забирается на ее испарение, в результате чего снижается теплота и температура сгорания, а во вторых влага вызывает коррозию металла.

Агрегатное состояние топлива

Агрегатное состояние	Топливо	
	естественное	искусственное
Газообразное	Природный и нефтепромысловый газы	Газы (генераторный, водяной, светильный, коксовый, нефтеперерабатывающих заводов)
Жидкое	Нефть	Бензин, керосин, дизельное топливо, смазочное масло, спирт, различные смолы
Твердое	Ископаемые угли, горючие сланцы, торф, дрова	Каменноугольный кокс, брикетированное и пылевидное топливо, древесный уголь

Нефть представляет собой сложную смесь различных соединений углерода с водородом.

По элементарному составу она содержит:

83 ... 87 % углерода;

11 ... 14 % водорода;

0,1 ... 1,2 % кислорода;

0,02 ... 1,7 % азота;

0,01 ... 5,5 % серы.

По внешнему виду нефть маслянистая жидкость от темно-коричневого до желтого цвета. Ее плотность составляет $0,75 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$.

Основную массу нефти составляют углеводороды трех главных групп:

1. парафиновые;

2. нафтеновые;

3. ароматические.

Парафиновые углеводороды устойчивы к реакциям разложения. Эти качества оказывают большое влияние на эксплуатационные свойства топлива в частности (на мягкость работы, высокие противодетонационные свойства). Однако они обладают низкой температурой застывания, что делает их присутствие в зимних видах топлива и смазочных маслах крайне нежелательным.

Нафтеновые углеводороды более инертные к окислению по сравнению с парафиновыми. Поэтому они понижают температуру застывания, что является ценным составным компонентом зимних видов топлива и масел. Содержание нафтеновых углеводородов в нефти колеблется в пределах от 20 до 30 %, а в масляных фракциях достигает 70 %.

Ароматические углеводороды обладают высокой термической стойкостью к реакциям разложения. Для этих углеводородов характерны более высокие значения вязкости, плотности, температуры кипения. По этим причинам их присутствие повышает противодетонационные свойства карбюраторного топлива. В нефти содержится от 10 до 50 % ароматических углеводородов.

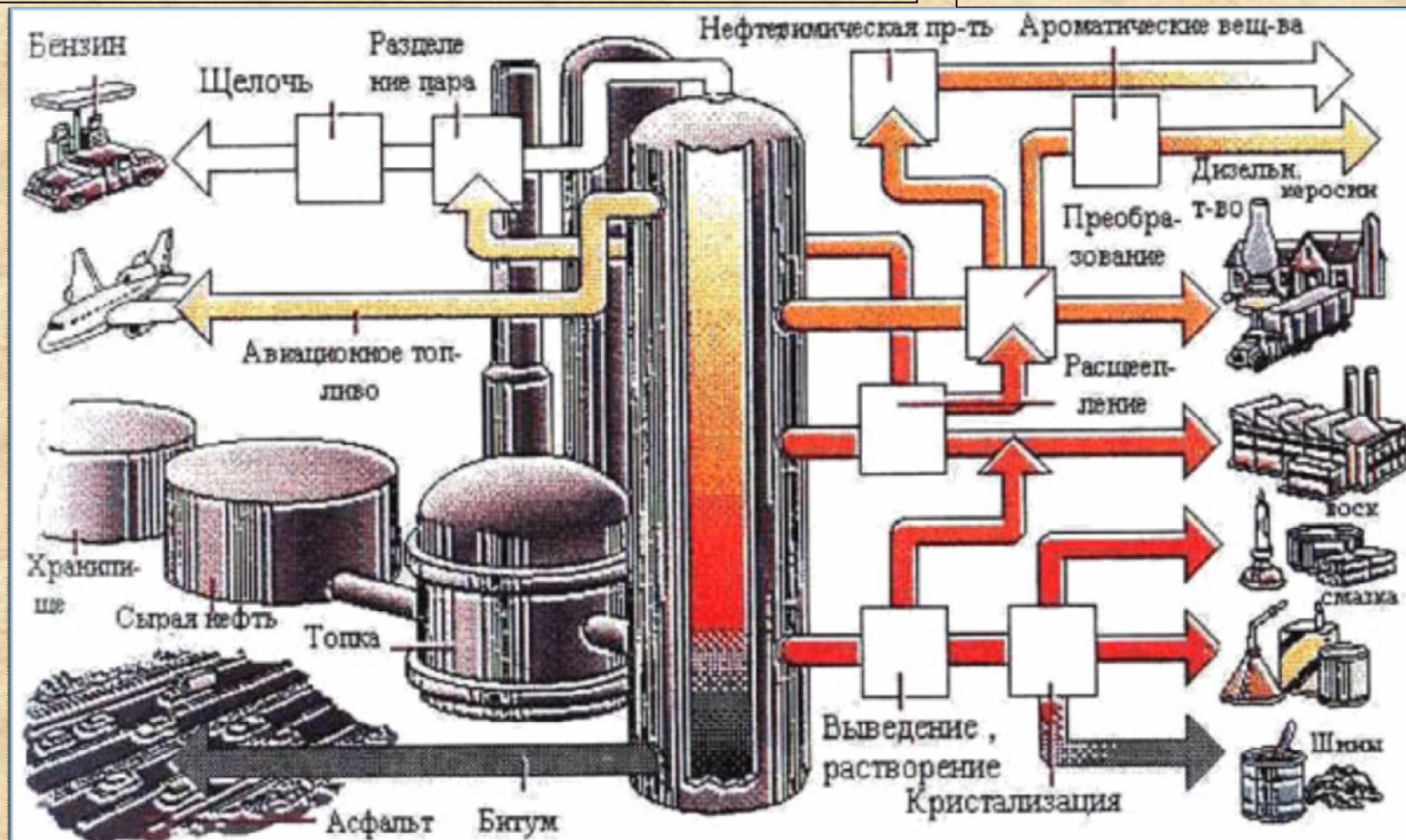
Получение топлива и смазочных масел из нефти

Прямая перегонка нефти

Прямая перегонка нефти представляет собой процесс разделения ее на отдельные фракции, отличающиеся между собой в первую очередь температурой кипения. Выход светлых фракций, в частности для бензинов составляет не более 9 ... 12 %

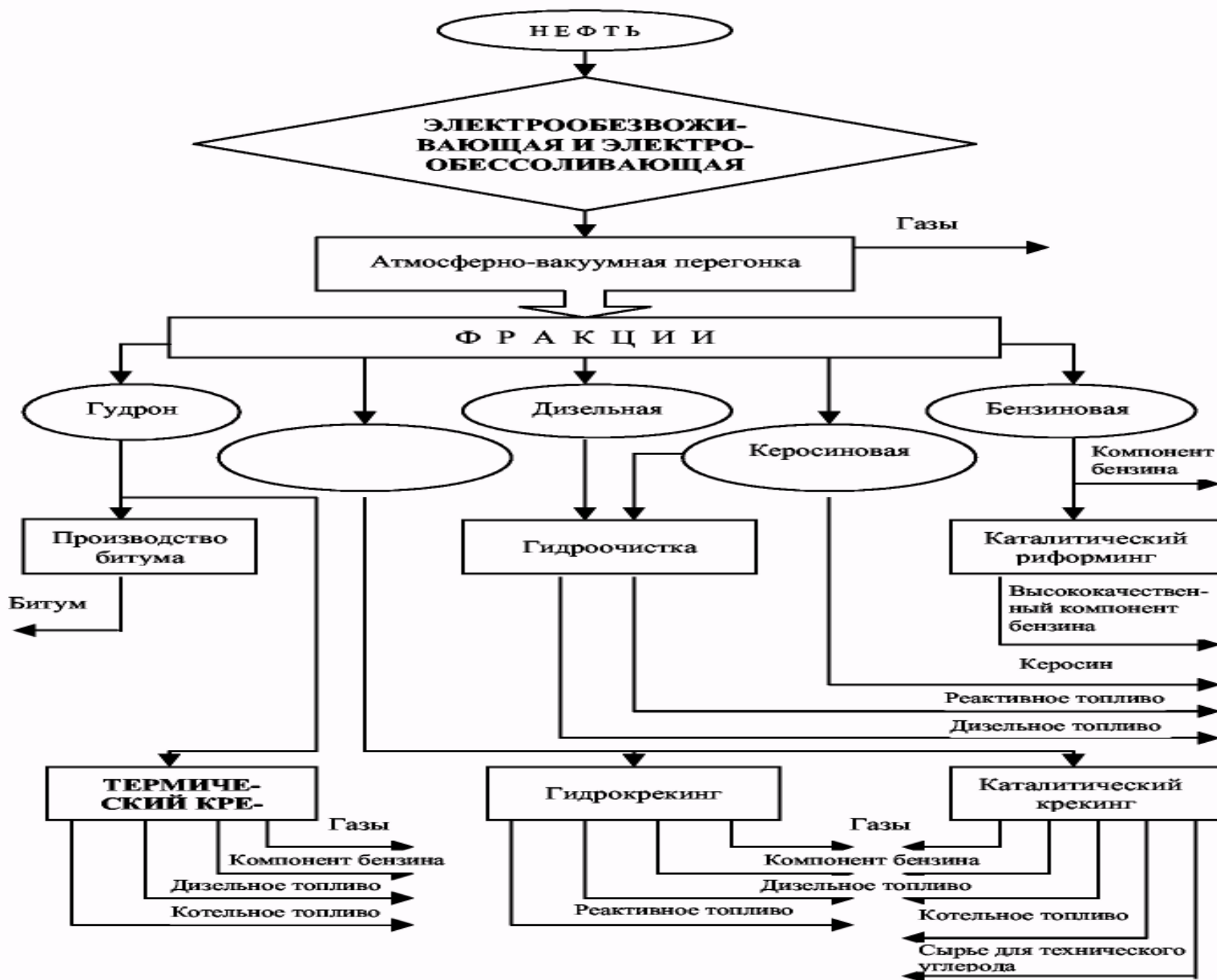
Перегонка химическим способом (крекинг-способ)

выход бензиновых фракций из нефти до 50... 60%



Топливо для ДВС получают из нефти.





Общие физико-химические показатели нефтепродуктов

1. Плотность — это масса вещества, содержащаяся в единице объема

Абсолютная плотность

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где ρ - плотность, кг/м³;
 m - масса вещества, кг;
 V - объем, м³.

В паспортах, характеризующих качество нефтепродукта, плотность указывается при температуре +20 °С.

Относительная плотность

нефтепродукта называется отношение его массы при температуре определения к массе воды при температуре 4 °С, взятой в том же объеме, поскольку масса 1 л воды при 4 °С точно равна 1 кг.

Например: если 1 л бензина при 20 °С весит 730 г, а 1 л воды при 4 °С весит 1000 г, то относительная плотность бензина будет равна:

$$\rho_4^{20} = \frac{730}{1000} = 0,730.$$

2. Вес топлива

$$G_t = V_t \rho_4^t .$$

3. Вязкость - свойство частиц жидкости оказывать сопротивление взаимному перемещению под действием внешней силы.

- 1) Динамическая вязкость
- 2) Кинематическая вязкость

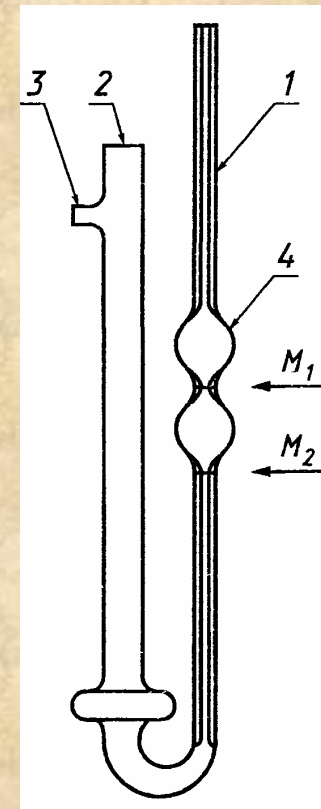
Вязкость жидкости определяется в капиллярных вискозиметрах и измеряется в стоксах, размерность которого, мм²/с.

Вязкость нефтепродукта при температуре t °С находится по формуле:

$$\nu = C \tau_t$$

где C — постоянная вискозиметра;

τ_t - время, за которое нефтепродукт перетекает от метки «а» к метки «б».



ТЕМА №2: ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

Эксплуатационные свойства автомобильных бензинов:

- 1 Иметь высокую теплоту сгорания.**
- 2 Обладать хорошими смесеобразующими свойствами, обуславливающие легкий пуск двигателя, плавный переход с одного режима работы на другой и устойчивую работу двигателя при эксплуатации в различных климатических условиях.**
- 3 Не детонировать на всех эксплуатационных режимах.**
- 4 Не образовывать нагароотложений, приводящие к перегреву и повышенному износу двигателя.**
- 5 Не вызывать коррозию деталей как при непосредственном контакте с ним, так и от образующихся продуктов сгорания.**
- 6 Быть стабильным при транспортировке и хранении, т.е. не**
- 7 изменять своих первоначальных свойств.**
- 7 Иметь низкую температуру застывания, чтобы обеспечивать хорошую прокачиваемость при отрицательных температурах окружающего воздуха.**
- 8 Не оказывать вредного воздействия на человека и окружающую среду.**

Состав горючей смеси оценивают по коэффициенту избытка воздуха α , который представляет собой отношение массы воздуха, действительно участвующего в процессе сгорания, к его теоретически необходимой массе

$$\alpha = \frac{L_{\text{д}}}{L_{\text{т}}}$$

Нормальная рабочая смесь

- считается, при $\alpha = 1$ т.е..

$$L_{\text{д}} = L_{\text{т}}$$

Для сгорания 1 кг топлива нужно около 15 кг воздуха. Двигатель, работающий на "нормальной" смеси развивает мощность близкую к максимальной, его удельный расход топлива несколько выше минимального.

Обедненная рабочая смесь.

На 1 кг топлива приходится свыше 15 кг, но не более 16,5 кг воздуха. При работе на обедненной смеси мощность двигателя несколько снижается в следствии замедления скорости сгорания смеси, но экономичность повышается.

Бедная рабочая смесь.

На 1 кг топлива приходится более 16,5 кг воздуха. Работа двигателя на бедной смеси сопровождается резким падением мощности и увеличением удельного расхода топлива. Смесь, у которой на 1 кг топлива приходится более 19,5 кг воздуха в цилиндре не воспламеняется.

Обогащенная рабочая смесь.

На 1 кг топлива приходится от 13 кг до 15 кг воздуха. В этом случае двигатель развивает максимальную мощность вследствие увеличения скорости горения, но экономичность его ухудшается.

Богатая рабочая смесь.

На 1 кг бензина приходится менее 13 кг воздуха. Работа двигателя на богатой смеси вызывает падение мощности и значительно ухудшает экономичность.

Смесь, в которой соотношение топлива и воздуха менее чем 1 к 7,5 в цилиндре не воспламеняется.

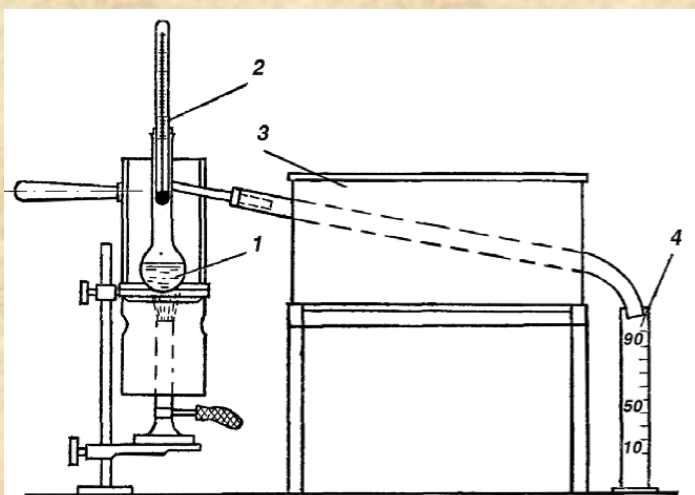
Внешним признаком работы карбюраторного двигателя на бедной смеси служат вспышки (выстрелы) в карбюратор, а на богатой смеси - в выпускной трубе.

Полнота сгорания топлива определяется качеством топливно-воздушной смеси.

Оно зависит с одной стороны, от конструкции топливоподающей системы, с другой стороны от физико-химических свойств применяемого топлива. Основное из них испаряемость, которая характеризуется фракционным составом.

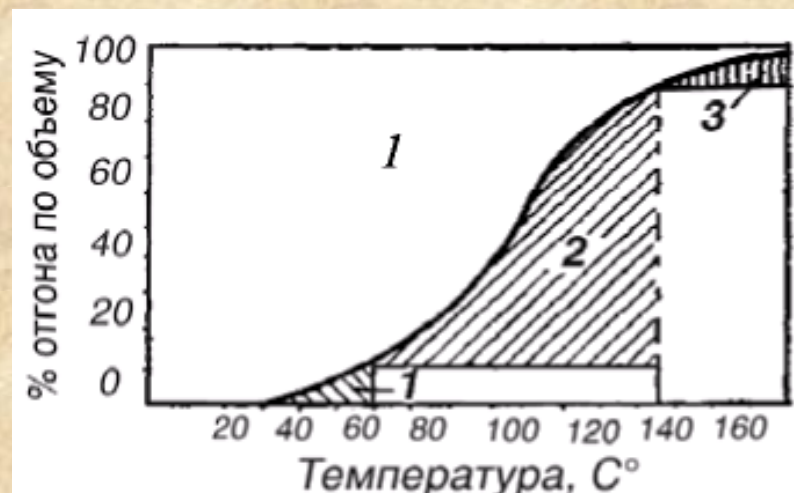
Фракция - это часть бензина, выкипающая в определенных пределах.

Фракционный состав определяют по ГОСТ 2177-82 при помощи специального прибора



Прибор для определения фракционного состава топлива

1 — колба; 2 — термометр; 3 — холодильник



Кривая фракционной разгонки топлива:

1 – пусковая фракция; 2 – рабочая фракция; 3 – концевая фракция

Пусковая фракция

обусловленная выкипанием 10 % топлива, характеризует его пусковые качества. Чем ниже температура выкипания этой фракции, тем лучше для запуска двигателя. Для зимних сортов бензина необходимо чтобы 10 % топлива выкипало при температуре не выше 55 °С, а для летних - не выше 70 °С.

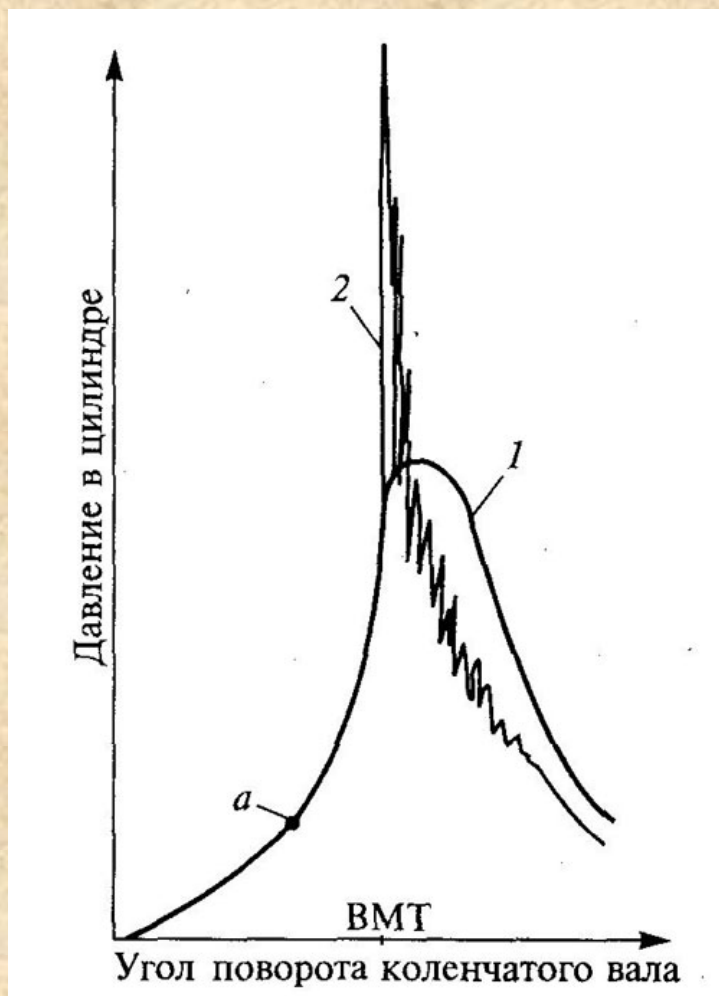
Рабочая фракция

Другая часть бензина, выкипающая от 10 до 90 % называют **рабочей фракцией**. Температура ее испарения не должна быть выше 160 ... 180 °С.

Концевая фракция

Тяжелые углеводороды бензина в интервале от 90 % выкипания до конца кипения представляют собой концевые или хвостовые фракции, которые крайне нежелательны в топливе.

Нормальное и детонационное горение



Детонация — это процесс очень быстрого завершения процесса сгорания в результате самовоспламенения части рабочей смеси и образования ударных волн, распространяющихся со сверхзвуковой скоростью (1500-2000 м/с), в то время как при нормальном сгорании смеси средняя скорость распространения пламени составляет 10-40 м/с.

Развернутая индикаторная диаграмма процесса сгорания рабочей смеси:
a — момент зажигания рабочей смеси искрой свечи зажигания;
1 — бездетонационное горение; 2 — горение с детонацией

К признакам детонационного сгорания бензина относятся:

характерный резкий металлический стук в цилиндрах, вибрация и неустойчивая работа двигателя, периодически появляющийся черный дым отработавших газов.

При длительной эксплуатации двигателя с детонацией могут возникнуть механические повреждения его деталей: прогар поршней и клапанов, пригорание поршневых колец, разрушение изоляции.

Детонационную стойкость бензинов оценивают октановым числом. У топлив с более высоким октановым числом при прочих равных условиях менее вероятно возникновение детонации.

Октановое число автомобильных бензинов определяют двумя методами

1. моторным (на установке ИТ9-2М)
2. исследовательским (на установке ИТ9-6).

Моторным методом ОЧ определяют на одноцилиндровой установке ИТ9-2М, позволяющей проводить испытания с переменной степенью сжатия (от 4 до 10 единиц). На ней сравнивают детонационную стойкость исследуемого бензина с эталонным топливом, в состав которого входят два углеводорода:

1. изооктан

2. нормальный гептан.

Например, детонационная стойкость бензина марки А-76 должна быть такой же, как у эталонной смеси, состоящей из 76-77 % изооктана и 23-24 % гептана.

Исследовательским методом детонационную стойкость бензина определяют на установке ИТ9-6 в режиме работы легкового автомобиля при его движении в условиях города. В этом случае в марку бензина включают букву «И», например, АИ-95 — автомобильный бензин с октановым числом по исследовательскому методу не менее 95.

Разница в ОЧ, определенных по исследовательскому и моторному методам, составляет 7-10 единиц (при исследовательском методе величина ОЧ выше).

Несоответствие марки (октанового числа) бензина параметрам двигателя может вызвать детонационное сгорание топливной смеси, сопровождаемое характерным металлическим стуком, повышением дымности отработавших газов и температуры в цилиндрах двигателя.

Детонация влечет за собой аварийные поломки деталей двигателя:

1. прогар клапанов,
2. разрушение поршней,
3. пробой прокладки головки блока цилиндров.

Поэтому при вынужденной заправке автомобиля низкооктановым бензином можно двигаться только с небольшой скоростью и на пониженных передачах, не допуская интенсивных разгонов и высоких нагрузок на двигатель.

В топлива, антидетонационные свойства которых не соответствуют эксплуатационным требованиям, добавляют высокооктановые компоненты (бензол, этиловый спирт) или антидетонаторы. Самые дешевые из них — тетраэтилсвинец (ТЭС) или тетраметилсвинец (ТМС) в составе этиловой жидкости.

Таблица - Антидетонационные присадки к бензину

Наименование присадки	Количество присадки на 1т топлива для повышения ОЧ бензина на 1 единицу, кг	Максимальное увеличение октанового числа (ОЧ) бензина при допустимой концентрации присадки в топливе, ед.
Этиловая жидкость	0,07	8
МТБЭ или «Фетерол»	30	4,5
Присадка МЦТМ	0,1	5
Добавка АДА	2,5	6
Добавка АвтоВЭМ	1,25	8
Добавка Феррада	1,33	7,5



Препараты октан-корректоры

Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов, состава топлива на процесс горения

На характер сгорания топлива влияют следующие конструктивные факторы:

1. степень сжатия,
2. форма камеры сгорания,
3. расположение и количество искровых свечей,
4. материал поршней, головки блока и гильз.

Одним из путей повышения экономичности двигателя, и вместе с тем снижения их удельной массы, увеличения литровой мощности является повышение степени сжатия.

Однако беспредельно повышать степень сжатия нельзя, предельное ее значение равно 10 ... 12 ед.

Дальнейшее увеличение ϵ приведет к возрастанию стоимости двигателя, требуется топливо с более высоким октановым числом, а это вызывает значительное увеличение давления и температуры в конце такта сжатия, что способствует самовоспламенению топлива.

эксплуатационные факторы влияющих на процесс сгорания рабочей смеси:

- угол опережения зажигания;
- коэффициент избытка воздуха;
- нагарообразование в камере сгорания;
- частота вращения коленчатого вала.
- качество используемого топлива, которое характеризуется детонационными свойствами.

Стабильность топлива

Под стабильностью топлива понимают его способность сохранять свойства в допустимых пределах для конкретных эксплуатационных условий.

Стабильность топлив зависит от их физико-химических свойств (плотности, вязкости, температуры кипения, углеводородного состава), наличия различных примесей и др.

Различают:

1. физическую стабильность топлива
2. химическую стабильность топлива

Физическую стабильность топлива определяют как его способность сохранять фракционный состав (изменения вызываются потерей наиболее низкокипящих фракций в результате их испарения) и однородность.

Физическую стабильность бензина оценивают по давлению насыщенных паров и наличию легких фракций.

Недостаточная физическая стабильность бензина обуславливает высокую его испаряемость.

Физическую стабильность топлива оценивают и контролируют, периодически определяя плотность, фракционный состав, давление насыщенных паров, температуру помутнения и кристаллизации и другие показатели.

Химическая стабильность оценивается способностью топлива сохранять без изменений свой химический состав.

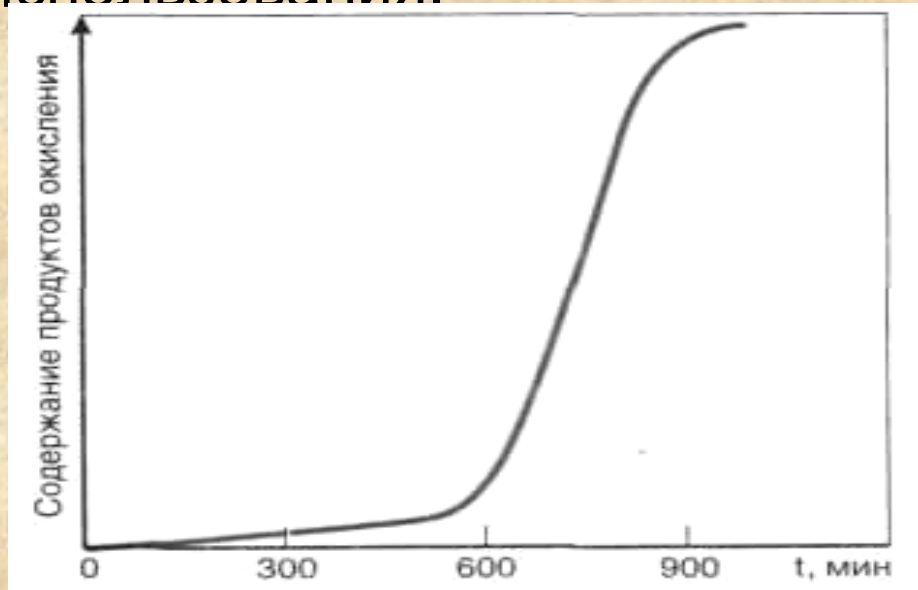
Содержание фактических смол является показателем уровня химической стабильности бензинов и нормируется стандартами.

Данный показатель качества бензина определяют испарением горячим воздухом определенного количества топлива (100 мл) при повышенной температуре (для бензина 150 °С, для дизельного топлива 250 °С) по остатку фактических смол (в мг), полученному после испарения.

Так как входящие в состав топлива углеводороды бесцветны, то его окраска в желто-коричневые цвета объясняется наличием в нем смолистых веществ, причем, чем больше в топливе этих веществ, тем интенсивнее окраска. Поэтому наличие смол в топливе можно определить визуально по его

ЦВЕТУ

Индукционный период топлива позволяет оценить способность бензина сохранять свой состав неизменным при соблюдении условий транспортирования, хранения и использования.



Зависимость содержания продуктов окисления в бензине от времени (индукционный период)

Этот показатель определяют по времени (в минутах) от начала окисления бензина до активного поглощения им кислорода в лабораторной установке (герметичном сосуде) при искусственном окислении бензина (температура 100 С в атмосфере сухого и чистого кислорода при давлении 0,7 МПа).

Для повышения химической стабильности бензинов в них вводят антиокислительные присадки (ингибиторы):

1. Древесносмоляной антиокислитель ДСА (0,05-0,15 %),
2. Смесь фенолов ФЧ-16 (0,03-0,10 %),
3. Синтетические ингибиторы ионол (0,03-0,10 %)
4. Агидол -12 (до 0,3 %).

Противокоррозионные свойства

Под коррозией понимают самопроизвольное разрушение твердых тел, вызванное химическими и электрохимическими процессами, развивающимися на поверхности тела при его взаимодействии с внешней средой.

Топливо вызывает коррозию металлов и в жидком, и в газообразном состоянии, когда образуется горючая смесь.

Коррозии подвергаются топливные баки, трубопроводы, детали топливоподающей системы двигателя, а также резервуары для хранения и цистерны, используемые при транспортировании бензина. Способствует этому наличие в топливе коррозионно-агрессивных соединений: водорастворимых (минеральных) кислот и щелочей, активных сернистых соединений, воды, органических кислот и др.

Сернистые соединения, содержащиеся в топливе, отрицательно сказываются на его эксплуатационных свойствах:

1. стабильности,
2. способности к нагарообразованию,
3. коррозионной агрессивности и др.

Особенно агрессивны активные сернистые соединения, которые вызывают коррозию металлов даже при нормальных условиях, поэтому наличие их в топливе крайне нежелательно.

При сгорании как активных, так и неактивных сернистых соединений образуются серный (SO_2) и сернистый (SO_3) ангидриды, которые, соединяясь с водой (при конденсации ее из продуктов сгорания), образуют соответственно сернистую и серную кислоты. Серный ангидрид SO_2 при работе прогретого двигателя вызывает газовую коррозию цилиндров, поршней и выпускных клапанов.

Коррозионный износ в значительной степени зависит от изношенности двигателя и количества серы, содержащейся в топливе. При увеличении содержания серы в бензине от 0,05 до 0,1 % коррозионный износ деталей двигателя возрастает в 1,5-2 раза, с 0,1 до 0,2 % — еще в 1,5-2 раза, а с 0,2 до 0,3 % — в 1,3-1,7 раза.

Пути повышения качества и экологической безопасности автомобильных бензинов

Повысить качество автомобильных бензинов можно за счет следующих мероприятий:

1. отказа от применения в составе бензинов соединений свинца;
2. снижения содержания в бензине серы до 0,05 %, а в перспективе до 0,003 %;
3. снижения содержания в бензине ароматических углеводородов до 45 %, а в перспективе до 35 %;
4. нормирования концентрации фактических смол в бензинах на месте применения на уровне не более 5 мг на 100 см³;
5. деления бензинов по фракционному составу и давлению насыщенных паров на 8 классов с учетом сезона эксплуатации автомобилей и температуры окружающей среды, характерной для конкретной климатической зоны. Наличие классов позволяет выпускать бензин со свойствами, оптимальными для реальных температур окружающего воздуха, что обеспечивает работу двигателей без образования паровых пробок при температурах воздуха до +60 °С, а также гарантирует высокую испаряемость бензинов и легкий пуск двигателя при температурах ниже -35 °С;
6. введения моющих присадок, не допускающих загрязнения и осмоления деталей топливной аппаратуры.

Ассортимент автомобильных бензинов

Октановое число бензина, его основная характеристика, нормируемая по ГОСТ, определяется моторным или исследовательским методами. Бензин, имеющий в обозначении его марки букву «И» и цифру (например, АИ-95), соответствует октановому числу, определенному исследовательским методом.

Октановое число бензина, определенное исследовательским методом, на 4-10 единиц выше, чем октановое число, определенное моторным методом.

По ГОСТ 2084-77 выпускаются бензины марок А-72, А-76, АИ-91, АИ-93 и АИ-95 зимнего и летнего видов:

1. зимнее (используется в течение всех сезонов в северных и северо-восточных районах, а в остальных районах с 1 октября по 1 апреля);
2. летнее (используется во всех районах, кроме северных и северо-восточных, в период с 1 апреля до 1 октября; в южных районах допускается применять летний вид бензина в течение всех сезонов).

ГОСТ Р 51105-97, введенный в 1999 г., предусматривает выпуск и классификацию автомобильных бензинов в соответствии с их испаряемостью и октановым числом, определяемым исследовательским методом.

В зависимости от сезона и климатического района применения (ГОСТ 16350) по показателям испаряемости автомобильные бензины делятся на 5 классов.

Наименование показателя	Класс бензина по ГОСТ 16360				
	1	2	3	4	5
Давление насыщенных паров бензина, кПа	35-70	45-80	55-90	60-95	80-100
Фракционный состав: температура начала перегонки бензина, °С,	35	35			
10%	75	70	65	60	55
50%	120	115	110	105	100
90%	190	185	180	170	160
конец кипения при температуре, °С,	215	215	215	215	215

Наименование показателя	Нормаль-80	Регуляр-91	Премиум-95	Супер-98
Октановое число, не менее: по моторному методу / по исследовательскому методу	76 / 85	80 / 95	82,5 / 88	91,0 / 98
Концентрация свинца, г/дм ³ , не более		0,010		
Концентрация марганца, мг/дм ³ , не более	50	18	—	-
Содержание фактических смоля, мг /100 см ³ , не более		5,0		-
Индукционный период бензина, мин, не менее	—	360		—
Массовая доля серы, %, не более	—	0,05		—

Бензины «Премиум-95» и «Супер-98» предназначены в основном для автомобилей иностранного производства и отвечают европейским стандартам.

ТЕМА №3: ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Дизельное топливо — это нефтяная фракция, основу которой составляют углеводороды с температурами кипения 200-350 °С.

ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

представляет собой сложную смесь углеводородов и их производных:

парафиновых от 10 до 40 %,
нафтеновых от 20 до 60 %,
ароматических от 14 до 30 %,

Дизельное топливо должно отвечать следующим эксплуатационным требованиям:

1. обеспечение тонкого распыла, хорошее смесеобразование и воспламеняемость;
2. полное сгорание топлива и мягкая работа двигателя;
3. обладать соответствующей вязкостью;
4. иметь хорошую прокачиваемость при различных температурах окружающего воздуха;
5. предотвращение нагарообразования на клапанах, поршнях и поршневых кольцах, зависания игл и закоксовывания распылителей форсунок;
6. не содержать сернистых соединений, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды.
7. отсутствие коррозионного воздействия на детали двигателя, топливоподающую систему, топливопроводы и топливные баки;
8. высокая химическая стабильность.

Свойства дизельных топлив

К свойствам дизельных топлив, отвечающим всем эксплуатационным требованиям, относятся:

1. цетановое число,
2. вязкость и плотность,
3. низкотемпературные свойства,
4. фракционный состав и испаряемость,
5. противокоррозионные свойства и стабильность топлива,
6. наличие механических примесей и воды,
7. удовлетворение экологических требований

Самовоспламеняемость дизельного топлива (цетановое число)

Свойство дизельного топлива, характеризующее мягкую или жесткую работу дизеля, оценивают по его самовоспламеняемости.

Эту характеристику определяют путем сравнения дизеля на испытуемом и эталонном топливе.

Оценочным показателем служит цетановое число топлива.

Топливо, поступающее в цилиндры дизеля, воспламеняется не мгновенно, а через некоторый промежуток времени, который называется периодом задержки самовоспламенения. Чем он меньше, тем за меньший промежуток времени топливо сгорает в цилиндрах дизеля. Давление газов нарастает плавно, и двигатель работает мягко (без резких стуков).

При большом периоде задержки самовоспламенения топливо сгорает за короткий промежуток времени, давление газов нарастает почти мгновенно, поэтому дизель работает жестко (со стуком). Чем выше цетановое число, тем меньше период задержки самовоспламенения дизельного топлива, тем мягче работает двигатель.

Жесткость работы двигателя принято оценивать по величине нарастания давления на 1° поворота коленчатого вала.

Обычно считают, что при нарастании давления на $4-5 \text{ кг/см}^2$ на 1° поворота коленчатого вала двигатель работает мягко, при $6-8 \text{ кг/см}^2$ — жестко, а при 9 кг/см^2 — очень жестко.

Оптимальным цетановым числом дизельных топлив является 40 - 50.

Применение топлив с ЦЧ < 40 приводит к жесткой работе двигателя, а ЦЧ > 50 - к увеличению удельного расхода топлива за счет уменьшения полноты сгорания.

Летом можно успешно применять топлива с ЦЧ равным 40, а зимой для обеспечения холодного пуска двигателя требуется ЦЧ > 45.

Цетановое число топлива численно равно процентному содержанию цетана в его смеси с α -метилнафталином, которая по характеру сгорания (по самовоспламеняемости) равноценна испытуемому топливу. Используя эталонные топлива, можно получать смеси с любыми цетановыми числами от 0 до 100.

Цетановое число можно определить тремя способами: по совпадению вспышек, по запаздыванию самовоспламенения и по критической степени сжатия. Цетановое число дизельных топлив обычно определяют по методу "совпадения вспышек" на установках ИТ9-3, ИТ9-3М или ИТД-69 (ГОСТ 3122-67). Это одноцилиндровые четырехтактные двигатели, оборудованные для работы с воспламенением от сжатия. Двигатели имеют переменную степень сжатия $\epsilon = 7 \dots 23$. Угол опережения впрыска топлива устанавливается равным 13° до верхней мертвой точки (В.М.Т). Изменением степени сжатия добиваются, чтобы воспламенение происходило строго в В.М.Т. При определении цетанового числа дизельных топлив частота вращения вала одноцилиндрового двигателя должна быть строго постоянной ($n = 900 \pm 10$ об/мин).

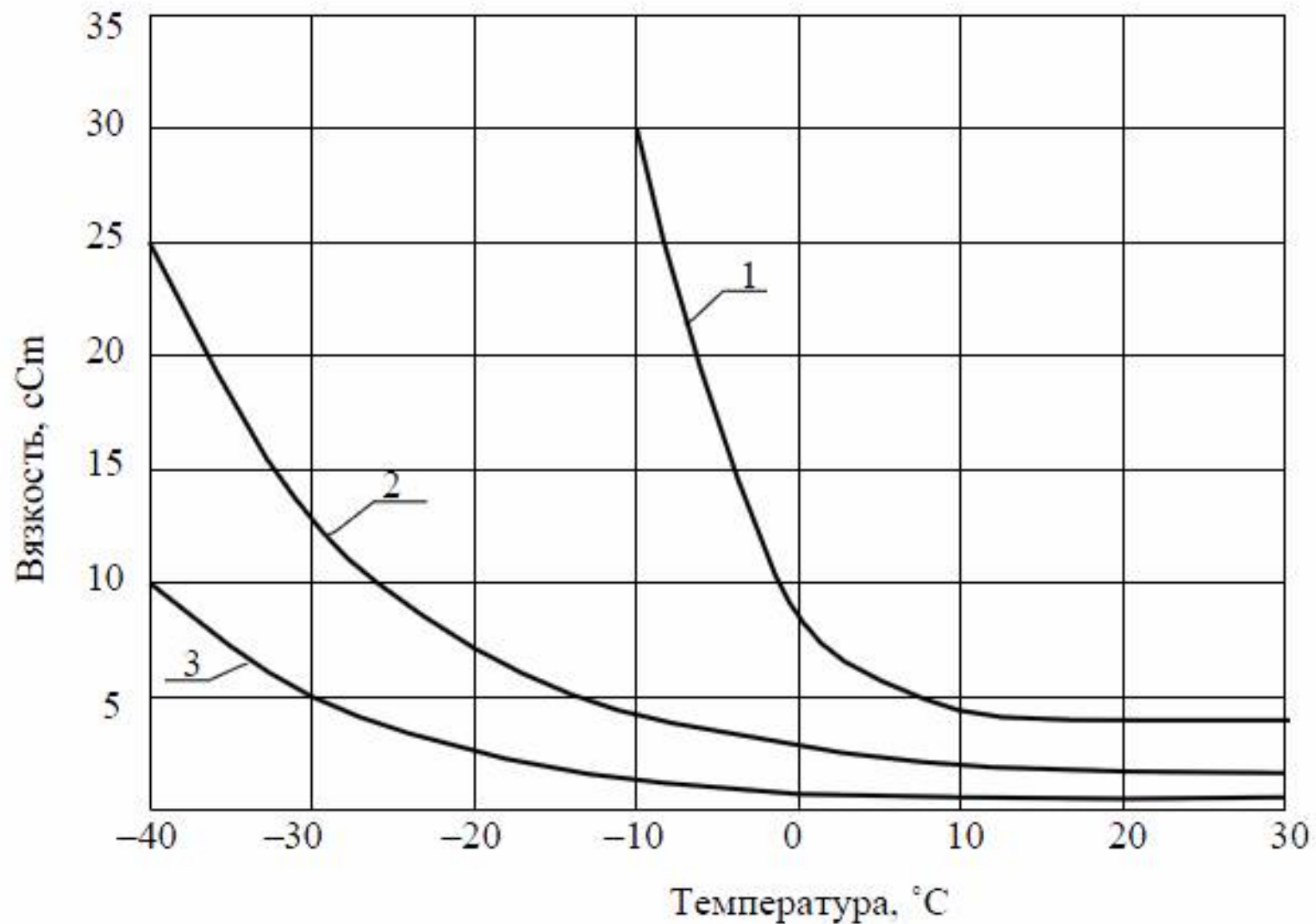
Вязкость и плотность дизельных топлив

Вязкость и плотность дизельных топлив влияют на процессы испарения и смесеобразования.

Пониженное или повышенное значение кинематической вязкости (для топлив различных марок оптимальное значение лежит в пределах 1,5-6,0 мм²/с) приводит к нарушению работы топливоподающей аппаратуры, а также процессов смесеобразования и сгорания рабочей смеси.

При пониженной вязкости топливо вытекает через зазоры в плунжерных парах топливного насоса высокого давления, вследствие чего:

1. изменяется его дозировка,
2. уменьшается цикловая подача,
3. снижается давление впрыска,
4. увеличивается нагарообразование.
5. ухудшаются смазочные свойства топлива, что приводит к увеличению интенсивности изнашивания прецизионных плунжерных пар ТНВД, так как их износ определяется физическим состоянием топлива



Изменение вязкости дизельного топлива в зависимости от температуры:
1 – летнее топливо; 2 – зимнее топливо; 3 – арктическое топливо

Повышенная вязкость топлива приводит к ухудшению качества смесеобразования, при распылении образуются крупные капли и длинная струя с малым углом.

При этом продолжительность процесса испарения возрастает, топливо сгорает не полностью, увеличивается его расход, повышается нагарообразование, возникает дымление (цвет отработавших газов становится темным).

Поскольку с понижением температуры вязкость значительно возрастает, существенно ухудшаются пусковые свойства топлива, особенно в холодное время года.

Плотность дизельного топлива нормируется (в отечественных стандартах) при температуре +20 °С: для летнего топлива — не более 860 кг/м³, зимнего — не более 840 кг/м³ и арктического — не более 830 кг/м³.

В зарубежных стандартах плотность нормируется при температуре +15 °С. По европейскому стандарту EN 590 плотность летних дизельных топлив должна составлять 820-850 кг/м³, зимних — 800-845 кг/м³.

Температура вспышки

Температура вспышки характеризует пожарную опасность топлива при его транспортировке и хранении.

Согласно ГОСТ 305-82 нефтеперерабатывающие предприятия выпускают топлива с температурой вспышки не ниже 40 °С - для дизелей общего назначения и не ниже 62 °С - для тепловозных и судовых дизелей.

Низкая температура вспышки указывает на наличие легких компонентов, присутствие которых может быть опасно также и при работе двигателей.

Поднять температуру вспышки дизельного топлива можно, повысив температуру начала кипения, а, следовательно, снизив отбор топлива от нефти.

Конструктивные и эксплуатационные факторы влияющие на сгорание дизельного топлива

На сгорание дизельного топлива значительное влияние оказывают конструктивные и эксплуатационные факторы. Положительно влияет повышение степени сжатия, а следовательно, температуры и давления воздуха, при этом улучшается процесс сгорания, двигатель работает более мягко.

Увеличение угла опережения впрыска топлива отрицательно сказывается на самовоспламенении, ибо топливо впрыскивается в менее сжатую и нагретую среду и работа двигателя становится более жесткой, а также из-за преждевременного сгорания большей части топлива значительное давление развивается до прихода поршня в ВМТ, что вызывает потерю мощности.

Влияние присадок на качество работы и долговечность дизеля

Эксплуатационные свойства дизельных топлив в значительной степени определяют качество работы и долговечность дизельных двигателей. Улучшение свойств топлив достигается путем введения в их состав многофункциональных присадок.

Для улучшения эксплуатационных свойств дизельных топлив применяют присадки различного назначения:

- 1 депрессорные,
- 2 повышающие цетановое число,
- 3 антиокислительные,
- 4 моющедиспергирующие,
- 5 снижающие дымность отработавших газов и др.

Потребительские свойства присадок и добавок в дизельные топлива

Наименование препарата	Назначение	Страна, фирма- производитель
1	2	3
Ice Proof	Улучшает пусковые свойства дизельного топлива при	Бельгия, Wynn's
DIESEL SUPER	в тридцатых температурах обеспечивает эксплуатацию дизельных двигателей при	США, Hi-gear
Diesel & Fuel Oil Anti-Gel	температуре до -47°C Добавка к летнему топливу, обеспечивающая его текучесть до температуры -29°C	США, CD-2
Diesel Conditioner	Удаляет влагу из топлива, облегчает пуск двигателя при низких температурах окружающей	Германия, SCT, MANNOL
FUEL treatment & ANTIGEL	среды Удаляет влагу из топливной системы и облегчает пуск	США, Hi-Gear
DIESEL ANTIGEL WITH ER	двигателя Снижает температуры застывания топлива до -47°C , облегчает пуск дизеля при низких температурах, восстанавливает компрессию	США, Hi-Gear
Diesel Cetane + Plus	Увеличение цетанового числа любого топлива на 5 единиц, облегчает пуск холодного двигателя и снижает расход	Бельгия, Wynn's

Потребительские свойства присадок и добавок в дизельные топлива

Наименование препарата	Назначение	Страна, фирма- производитель
Clean Burn	Снижает образование черного дыма и содержание сажи в выхлопных газах двигателя	Бельгия, Wynn's
3xA Diesel Engines	Очистка системы питания двигателя через 5 тыс. км	Бельгия, Wynn's
Очиститель форсунок Profix	Очистка форсунок дизеля через 3 тыс. км пробега автомобиля	Россия, LT «Лаборатория Триботехноло
DIESEL PLUS WITHER	Очистка форсунок и системы	США, Hi-Gear
Diesel Fuel System Cleaner	Очистка системы питания и смазка топливного насоса и форсунок двигателя	Бельгия, Wynn's
Diesel Rower 3	Очистка системы питания двигателя, увеличение мощности и предотвращение	Бельгия, Wynn's
DIESEL JET CLEAN	Очистка форсунок, системы питания и камеры сгорания дизеля	США, Hi-Gear
DIESEL INJECTOR CLEANER	Очистка форсунок дизельного двигателя	США, Ster Up
DIESEL JET CLEAN	Очистка сильно загрязненных форсунок, которые необходимо	США, Hi-Gear

менять

Низкотемпературные свойства дизельного топлива

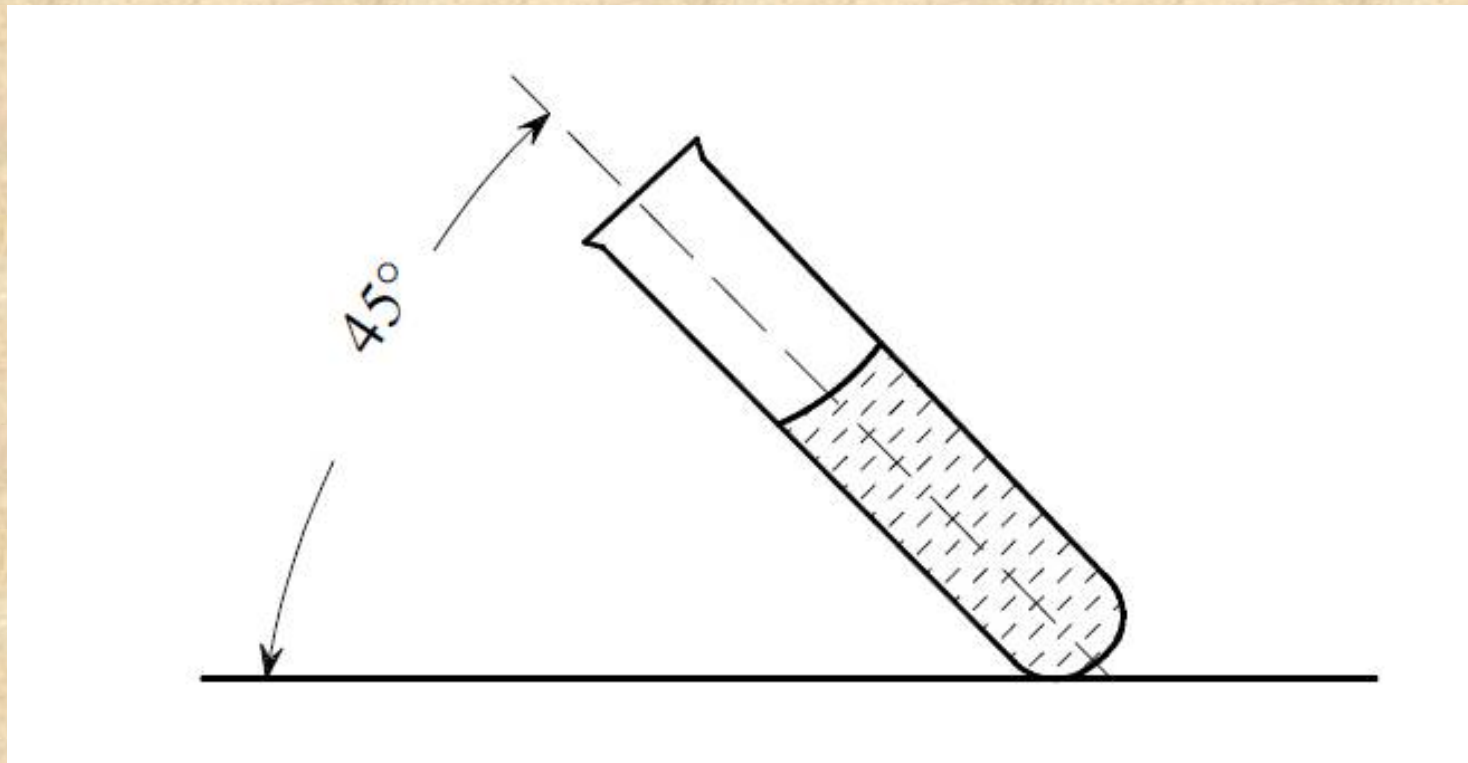
Температурой помутнения называют температуру, при которой теряется фазовая однородность топлива. По внешнему виду оно из прозрачного становится мутным.

Температуру, при которой в топливе появляются первые кристаллы, видимые визуальюно, называют **температурой начала кристаллизации**.

Температурой застывания называют температуру, при которой топливо теряет подвижность.

Температура застывания

Уровень застывшего топлива в стандартной пробирке, наклоненной под углом 45° , должен оставаться неподвижным в течение 1 минуты.



Фильтруемость дизельного топлива

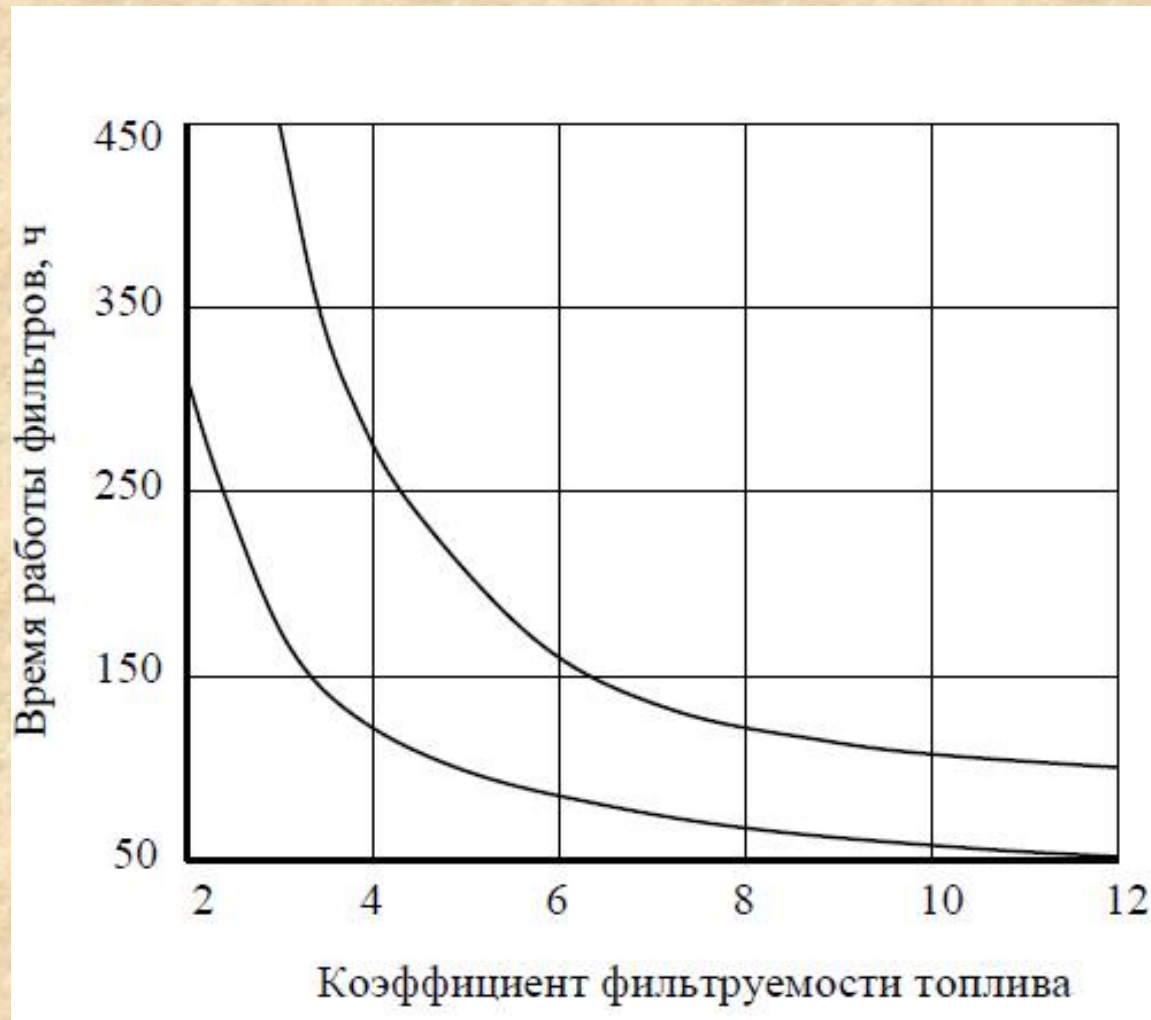
-оказывает влияние на ресурс работы фильтров системы питания.

-зависит от химического состава углеводородов, входящих в состав топлива.

Нафтеновые кислоты значительно снижают фильтруемость. Особенно ухудшается фильтрация в присутствии воды: нафтеновые кислоты с ней образуют мыла – студенистые рыхлые осадки.

Коэффициент фильтруемости (КФ) подсчитывают как отношение времени фильтрации последних 2 мл топлива (t_{10}) ко времени истечения первых 2 мл (t_1):

$$\hat{E}_{\hat{o}} = \frac{t_{10}}{t_1}$$



**Влияние
коэффициента
фильтруемости на
срок службы
фильтров**

Классификация и ассортимент дизельных топлив

Дизельное топливо по ГОСТ 305-82 вырабатывается трёх марок:

Л – летнее применяют при температурах окружающего воздуха 0 .С и выше;

З – зимнее применяют при температурах до – 20 .С (в этом случае зимнее дизельное топливо должно иметь температуру застывания до минус 35 .С и температуру помутнения минус 25 .С), или зимнее, применяемое при температурах до минус 30 .С, (тогда топливо должно иметь температуру застывания минус 45 .С и температуру помутнения минус 35.С);

А – арктическое применяют при температурах до минус 50 .С.

Основные показатели качества дизельных топлив, выпускаемые в соответствии с ГОСТ 305-82

Наименование показателя	Л	З	А
1	2	3	4
Цетановое число, не менее:	45	45	45
Фракционный состав, °С: t ₅₀ % не выше t ₉₆ % (конец перегонки), не выше	280 360	280 340	255 330
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0
Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны: умеренной холодной	-5 -	-25 -35	- -
Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны: Умеренной холодной	-10 -	-35 -45	- -55

По содержанию серы, % (мас.) все марки топлива делятся на два вида.

Для топлив Л, З, А I вида содержание серы не должно превышать 0,2 % (мас.).

Для топлив Л, З, II вида не более 0,5 %(мас.),
а топлива марки А II вида не более 0,4 %
(мас.)

В соответствии с ГОСТ 305-82 принято следующее условное обозначение дизельного топлива:

- летнее топливо заказывают с учетом содержания серы и температуры вспышки (Л – 0,2 –40),
- зимнее – с учетом содержания серы и температуры застывания (З – 0,2 минус 35).
- В условное обозначение на арктическое дизельное топливо входит только содержание серы: А – 0,2.

Дизельное экспортное топливо (ТУ 38.401-58-110-94)

– вырабатывают для поставок на экспорт, содержание серы 0,2 %.

Исходя из требований к содержанию серы, дизельное экспортное топливо

получают гидроочисткой прямогонных дизельных фракций. Для оценки его качества по требованию заказчиков определяют дизельный индекс (а не цетановое число, как принято ГОСТ 305-82).

Кроме того, вместо определения содержания воды и коэффициента фильтруемости экспресс-методом устанавливают прозрачность топлива при температуре 10.С.

Зимние дизельные топлива с депрессорными присадками имеют марку ДЗП, их вырабатывают по ТУ 38.101889-81 на базе летнего дизельного топлива с температурой помутнения равной минус 5 .С.

- Добавка сотых долей присадки обеспечивает снижение предельной температуры фильтруемости до минус 15 .С, температуры застывания до минус 30 .С и позволяет использовать летнее дизельное топливо в зимний период времени при температуре до минус 15 .С.

Экологически чистое дизельное топливо

- вырабатывают по ТУ 38.1011348-89,
- две марки летнего (ДЛЭЧ-В и ДЛЭЧ) и одной марки зимнего (ДЗЭЧ) с содержанием серы до 0,05 % в топливе вида I и до 0,01% в топливе вида II.

Взаимозаменяемость бензинов российского и зарубежного производства

Отечественный бензин	Зарубежный бензин		
Марка, ГОСТ, ТУ	Марка	Спецификация	Страна
А-76 ГОСТ 2084-77	Обычный Type 2	ONO RM C 113 JIS K 2202-80 CAN-2-3,5-79	Австрия Япония Канада
АИ-95 ТУ 38.001165-85	А-93 Normal Regular	БДС 8638-82 DIN 51600 DIN 51607 ASTM D439-83	Болгария Германия Германия США
АИ-95 ТУ 38.1011279-89	Premium Superbenzin	BS 7070-85 SNV 181162	Великобритания Швейцария
АИ-98 ГОСТ 2084-77	А-96 4 Star Super	БДС 8638-82 BS 4040-78 SNV 181161/1	Болгария Великобритания Швейцария

Соответствие марок отечественного и зарубежного дизельного топлива

Марка отечественного топлива, ГОСТ 305-82	Зарубежное топливо		
	марка	спецификация	страна
Л (дизельное летнее)	Л	БДС 8884-92	Болгария
	2D	ASTM 975-83	США
	–	DIN 51603-81	Германия
	№3	JIS K 2204-83	Япония
З (дизельное зимнее)	1D	ASTM 975-81	США
	Special	JIS K 2204-83	Япония
	ТУРА	CAN-2-3,6-M-83	Канада
А (дизельное арктическое)	Z50	PN67/C/96048	Польша
	ТУРАА	CAN-2-3,6-M-83	Канада

ТРЕНИЕ, СМАЗКА И ИЗНОС

По характеру взаимоперемещения трущихся деталей различают

- 1 трение покоя,
- 2 трение движения
- 3 трение без смазочного материала.

Под **трением покоя** понимают трение двух тел при микросмещениях до перехода к относительному движению.

Под **трением движения** понимают трение двух тел, находящихся в относительном движении.

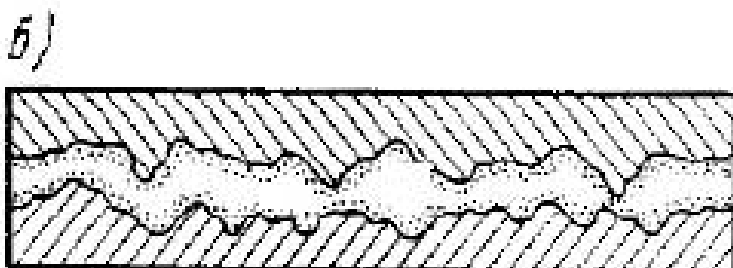
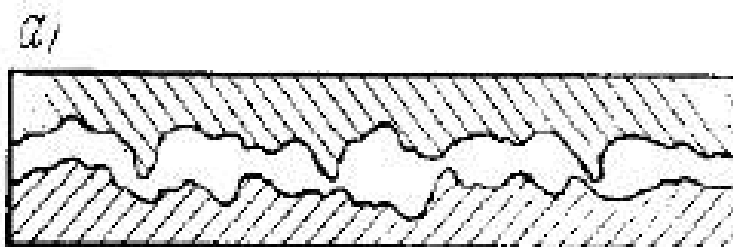
Трение движения подразделяется на трение скольжения, трение качения и трение качения с проскальзыванием.

Трение скольжения возникает при различных скоростях перемещения соприкасающихся поверхностей в точках касания по величине и направлению.

Трение качения возникает при одинаковых по величине скоростях и направлениях перемещения трущихся поверхностей.

При одновременном проявлении качения и скольжения возникает **трение с проскальзыванием**.

По наличию смазочного материала различают трение без смазочного материала, граничное, жидкостное и полужидкостное



Виды трения по наличию смазочного материала:

а – трение без смазочного материала;

б – граничное трение;

в – жидкостное трение;

г – полужидкостное трение

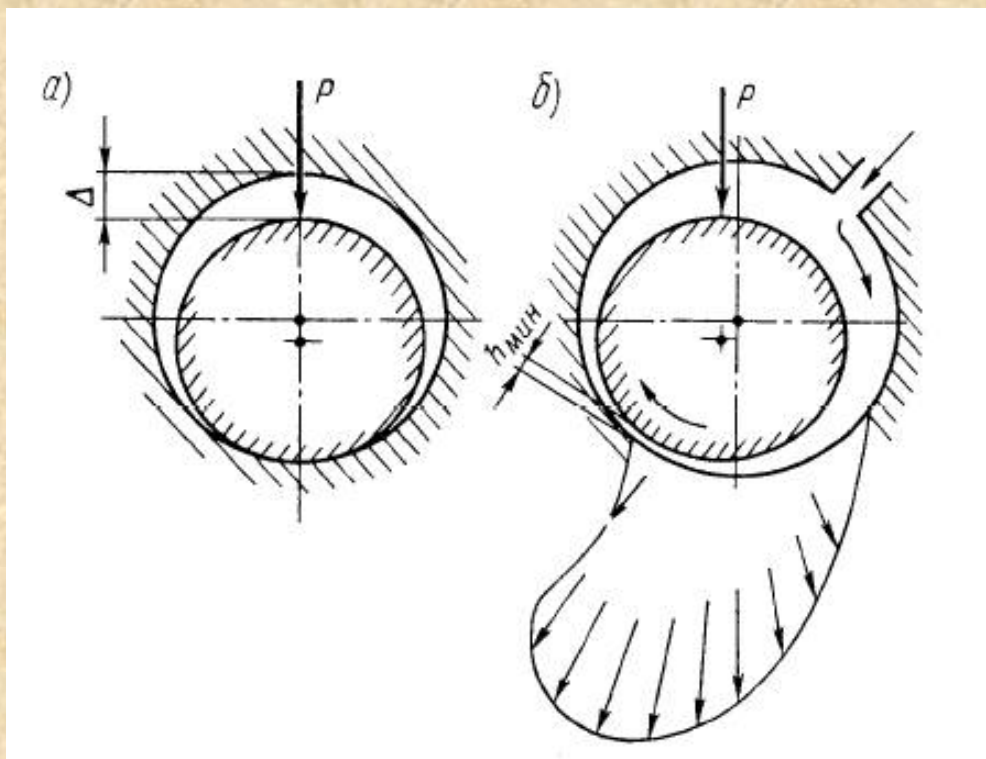


Схема образования масляного клина в условиях гидродинамического смазывания узла вал – подшипник:
а – вал в нерабочем положении;
б – действие гидродинамических сил

Трение без смазочного материала.

Трущаяся пара в этих условиях работает при отсутствии между их поверхностями слоя смазочного материала в условиях «масляного голодания». При этом в зонах контакта трущихся поверхностей возникают высокие температуры, в точечных зонах контакта возможно схватывание и сваривание металла, в результате чего могут образовываться натирсы и задирсы.

Граничное трение (граничная смазка) В этих условиях между трущимися поверхностями имеется тонкая пленка смазочного материала, предохраняющая их от механических и тепловых воздействий. Режим граничной смазки неустойчив. При разрушении граничной пленки наступает трение без смазочного материала.

Жидкостное трение (жидкостная смазка). В этих условиях разделение поверхностей трения деталей полностью осуществляется жидким смазочным материалом. Смазочный слой полностью отделяет взаимоперемещающиеся рабочие поверхности. В этом случае сила трения определяется лишь внутренним трением слоев в смазочном материале.

На возникновение какого-либо вида изнашивания и повышение его интенсивности влияют:

- 1 свойства материалов поверхностей трения деталей (баббит, алюминий, закаленная сталь и др.);
 - 2 свойства и качества смазочных материалов;
способы подвода смазки к трущимся поверхностям (разбрызгиванием, под давлением, самотеком);
 - 3 давление и место подачи смазочного материала к трущимся поверхностям (расположение масляного канала относительно трущихся поверхностей);
 - 4 форма и размеры поверхностных неровностей (шероховатость) и трущихся поверхностей (овальность, конусность);
 - 5 характер приложения нагрузки (динамический, статический, знакопеременный);
 - 6 скорость относительного перемещения трущихся тел и ее изменение во времени (разгон автомобиля, торможение двигателем);
 - 7 температурный режим работы двигателя и, как следствие, пары трения;
 - 8 присутствие механических и химических примесей, влаги в месте контакта и полнота удаления продуктов изнашивания из зоны трения;
- качество топлива;

Смазочные материалы классифицируются на группы в зависимости от следующих признаков:

- 1 происхождение или исходное сырье для получения;
- 2 внешнее состояние;
- 3 назначение.

По происхождению или исходному сырью различают такие смазочные материалы:

- минеральные, или нефтяные, являются основной группой выпускаемых смазочных масел (более 90 %). Их получают при соответствующей переработке нефти. По способу получения такие материалы классифицируются на дистиллятные, остаточные, компаундированные или смешанные;

-растительные и животные, имеющие органическое происхождение. Растительные масла получают путем переработки семян определенных растений. Наиболее широко в технике применяются касторовое масло.

-животные масла вырабатывают из животных жиров (баранье и говяжье сало, технический рыбий жир, костное и спермацетовые масла и др.).

-органические, масла по сравнению с нефтяными обладают более высокими смазывающими свойствами и более низкой термической устойчивостью. В связи с этим их чаще используют в смеси с нефтяными;

- синтетические, получаемые из различного исходного сырья многими методами (каталитическая полимеризация жидких или газообразных углеводородов нефтяного и ненефтяного сырья; синтез кремнийорганических соединений - полисиликонов; получение фтороуглеродных масел). Синтетические масла обладают всеми необходимыми свойствами, однако из-за высокой стоимости их производства применяются только в самых ответственных узлах трения.

По внешнему состоянию смазочные материалы делятся на:

-жидкие смазочные масла, которые в обычных условиях являются жидкостями, обладающими текучестью (нефтяные и растительные масла);

-пластичные, или консистентные, смазки, которые в обычных условиях находятся в мазеобразном состоянии (технический вазелин, солидолы, консталины, жиры и др.). Они подразделяются на антифрикционные, консервационные, уплотнительные и др.;

- твердые смазочные материалы, которые не изменяют своего состояния под действием температу-ры, давления и т. п. (графит, слюда, тальк и др.). Их обычно применяют в смеси с жидкими или пластичными смазочными материалами.

По назначению смазочные материалы делятся на масла:

- моторные, предназначенные для двигателей внутреннего сгорания (бензиновых, дизельных, авиационных);
- трансмиссионные, применяемые в трансмиссиях тракторов, автомобилей, комбайнов, самоходных и других машин;
- индустриальные, предназначенные главным образом для станков;
- гидравлические для гидравлических систем различных машин;
- компрессорные, приборные, цилиндрические, электроизоляционные, вакуумные и др.

Назначение и требование к моторным маслам

моторные масла должны удовлетворять следующим эксплуатационным требованиям:

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

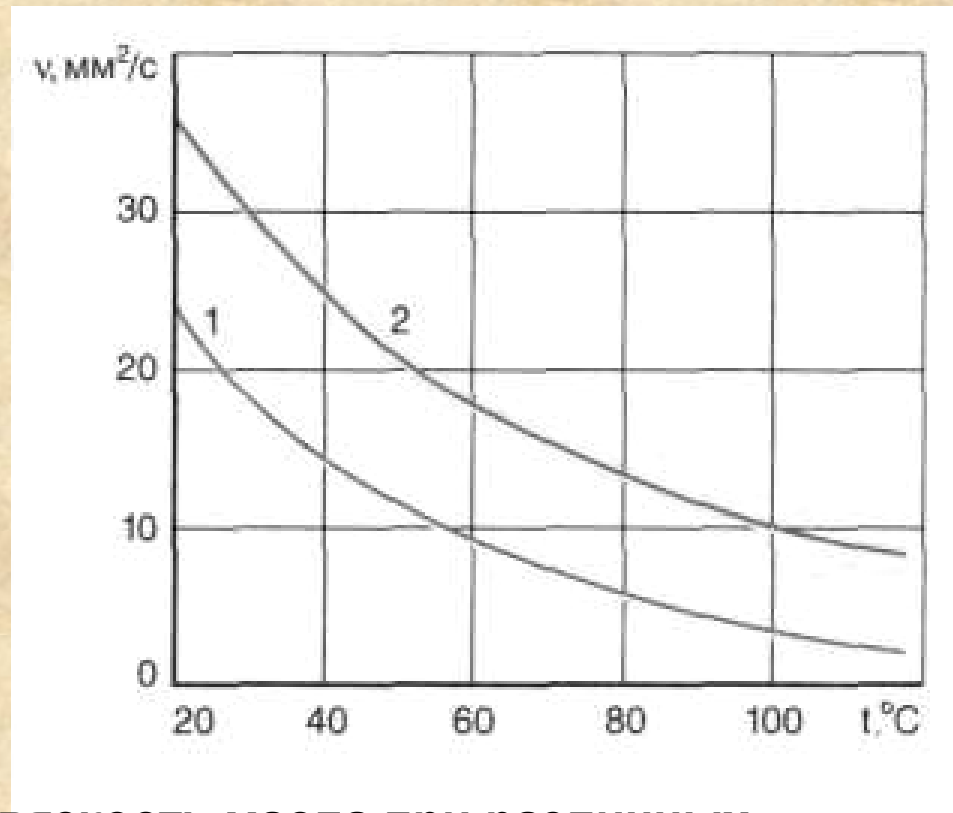
Эксплуатационные свойства моторных масел

Важнейшими эксплуатационными свойствами моторных масел являются:

- 1 вязкостно-температурные (вязкость, индекс вязкости,
- 2 температура застывания),
- 3 противоизносные,
- 4 противоокислительные,
- 5 диспергирующие (моющие),
- 6 коррозионные и др.

Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление при перемещении ее слоев под действием внешней силы. Это свойство является следствием трения, возникающего между молекулами жидкости.

Различают
1 динамическую и
2 кинематическую вязкость.



Влияние вязкостной присадки на вязкость масла при различных температурах:

1 – маловязкое масло; 2 – то же самое масло с вязкостной присадкой (загущенное)

Классификация моторных масел

- Классификация моторных масел согласно ГОСТ 17479.1–85 подразделяет их на классы по вязкости и группы по назначению и уровням эксплуатационных свойств.

Классы вязкости моторных масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с , при температуре	
	100 °С	–18 °С, не более
3 ₃	≥3,8	1250
4 ₃	≥4,1	2600
5 ₃	≥5,6	600
6 ₃	≥5,6	10400
6	Св. 5,6 до 7,0 включ.	–
8	« 7,0 до 9,3 «	–
10	« 9,3 до 11,5 «	–
12	« 11,5 до 12,5 «	–

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с , при температуре	
	100 °С	-18 °С, не более
14	« 12,5 до 14,5 «	–
16	« 14,5 до 16,3 «	–
20	« 16,3 до 21,9 «	–
24	« 21,9 до 26,1 «	–
3 ₃ /8	« 7,0 до 9,3 «	1250
4 ₃ /6	« 5,6 до 7,0 «	2600
4 ₃ /8	« 7,0 до 9,3 «	2600
4 ₃ /10	« 9,3 до 11,5 «	2600
5 ₃ /10	« 9,3 до 11,5 «	6000
5 ₃ /12	« 11,5 до 12,5 «	6000
5 ₃ /14	« 12,5 до 14,5 «	6000
6 ₃ /10	« 9,3 до 11,5 «	10400
6 ₃ /14	« 12,5 до 14,5 «	10400
6 ₃ /16	« 14,5 до 16,3 «	10400

Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам (ГОСТ 17479.1–85)

Группа масла по эксплуатационным свойствам		Рекомендуемая область применения
А		Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Б ₁	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
	Б ₂	Малофорсированные дизели
В	В ₁	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов
	В ₂	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений

Г	Γ_1	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений всех видов и коррозии
	Γ_2	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	D_1	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел группы Γ_1
	D_2	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противозносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений
Е	E_1	Высокофорсированные бензиновые двигатели и дизели, работающие в эксплуатационных условиях более тяжелых, чем для масел групп D_1 и D_2 . Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противозносными свойствами
	E_2	

В обозначении масла отечественного производства
М- 10Г2к

буква «М» означает моторное масло;

цифра «10» — класс вязкости (летнее);

буква «Г» с индексом «2» означает, что по эксплуатационным свойствам масло относится к группе «Г» и предназначено для смазывания высокофорсированных дизелей без наддува;

буква «к» свидетельствует о том, что масло используется для автомобилей КамАЗ.

В обозначении масла отечественного производства М-6З/10В

буква «М» означает моторное масло;

индекс «6_з/10» — класс вязкости (всесезонное),

буква «з» означает, что масло имеет загущенную присадку, улучшающую вязкостно-

температурные свойства масла, и

предназначено для применения в качестве

всесезонного сорта;

буква «В» без индекса означает, что по

эксплуатационным свойствам это масло

универсальное и предназначено для

смазывания карбюраторных и дизельных

двигателей.

В США и странах Западной Европы моторные масла маркируют в соответствии с их вязкостью

(по классификации SAE — Общества американских автомо-бильных инженеров).

Эксплуатационные свойства моторных масел определяются по классификациям, разработанным API (Американский нефтяной институт) и ACEA (Ассоциация европейских производителей автомобилей), которая в 1996 г. заменила CCMC (Комитет изготовителей автомобилей общего рынка).

По классификации SAE моторные масла делят на летние, зимние и всесезонные.

В зависимости от вязкостно-температурных показателей моторных масел классификация SAE J-300 включает 5 летних и 6 зимних классов

Масла маркируют следующим образом:

летние — SAE 20, 30, 40, 50, 60 (цифра означает вязкость в секундах Сейболта при температуре +98,9 °C);

зимние — SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W (цифра означает вязкость в секундах Сейболта при температуре -17,8 °C, а «W» — первая буква от слова «Winter» — зима); всесезонные (загущенные) масла обозначаются двойной нумерацией.

Например, SAE 10W-50 означает, что данное масло при температуре -17,8 °C соответствует по SAE вязкости 10, а при температуре +98,9 °C соответствует по SAE вязкости 50.

Соответствие классов вязкости и групп моторных масел по ГОСТ 17479.1–85 и классификациям SAE

Класс вязкости		Класс вязкости	
по ГОСТ 17479.1–85	по SAE	по ГОСТ 17479.1–85	по SAE
3 ₃	5W	24	60
4 ₃	10W	3 ₃ /8	5W-20
5 ₃	15W	4 ₃ /6	10W-20
6 ₃	20W	4 ₃ /8	10W-20
6	20	4 ₃ /10	10W-30
8	20	5 ₃ /10	15W-30
10	30	5 ₃ /12	15W-30
12	30	6 ₃ /10	20W-30
14	40	6 ₃ /14	20W-40
16	40	6 ₃ /16	20W-40
20	50		

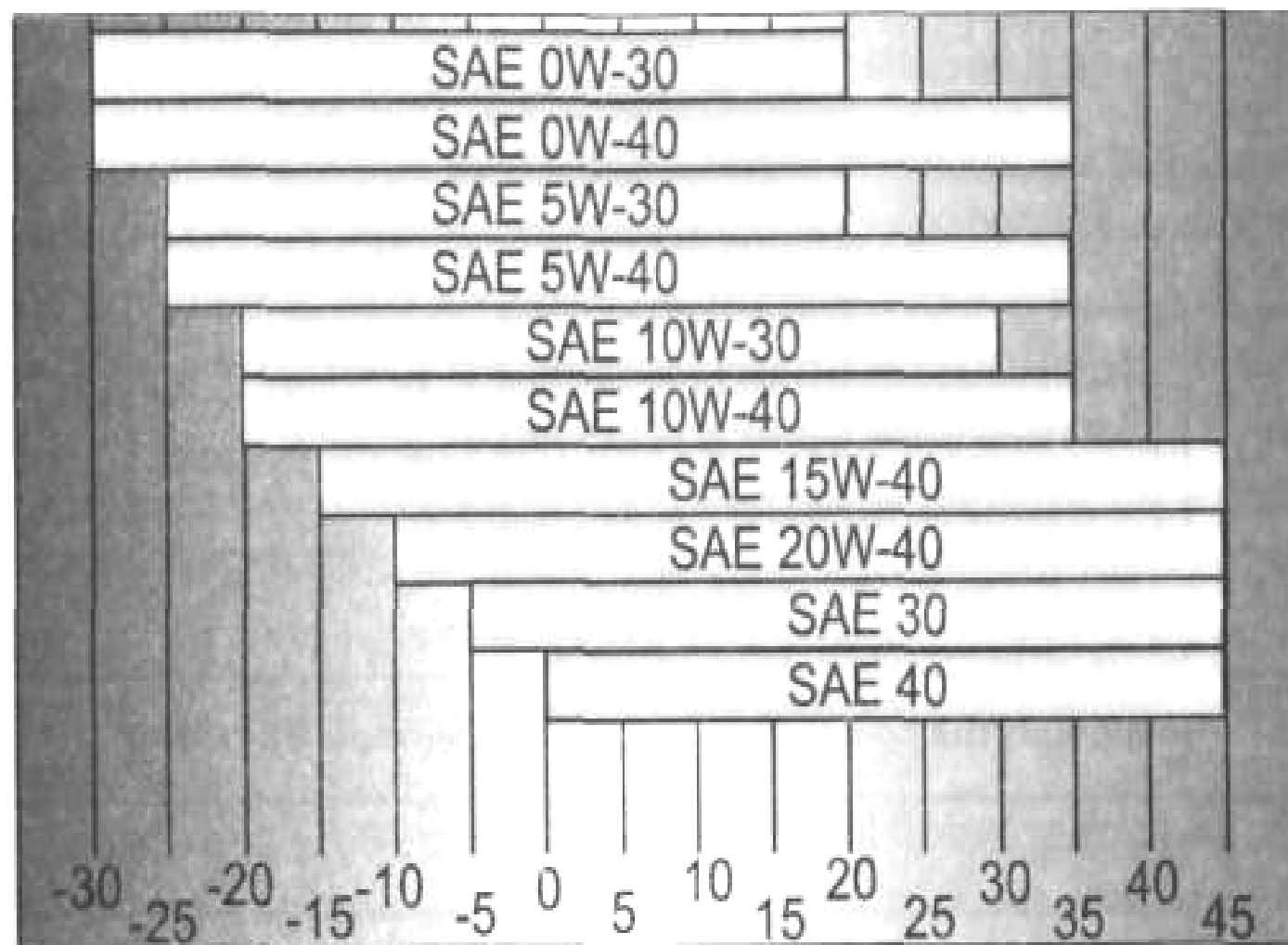


Рис. 2.45. Рекомендуемые температурные диапазоны применения моторных масел разных классов вязкости по SAE.

Классификация по условиям эксплуатации API подразделяет масла на две категории:

S — категория «Сервис» (для бензиновых двигателей),

C — коммерческая категория (для дизельных двигателей).

Маркировка моторных масел складывается из букв латинского алфавита: S или C обозначают категорию масла применительно к типу двигателя (бензиновый или дизельный), а вторая буква обозначает уровень эксплуатационных свойств.

Например, масла с обозначениями API SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SJ предназначены для бензиновых двигателей,
а масла API CA, CB, CC, CD, CE, CF — для дизельных.

Чем ближе к началу латинского алфавита вторая буква в маркировке масла, тем меньшим требованиям отвечает данное масло и наоборот.

Универсальные масла, имеющие сдвоенное обозначение API SG/CD, API SJ/CF, пригодны как для бензиновых, так и для дизельных двигателей. Классы дизельных масел CD и CF подразделяются на предназначенные для четырех- и двухтактных дизелей. Последние обозначаются CD II и CF-2.

Классификация API моторных масел по эксплуатационным свойствам

Классификационные категории двигателей			
Бензиновые двигатели (категория S)		Дизельные двигатели (категория C)	
Классы	Характеристики двигателей	Классы	Характеристики двигателей
1	2	3	4
SA	Двигатели, работающие в легких условиях	CA	Дизели, работающие при умеренных нагрузках на малосернистом топливе
SB	Двигатели, работающие при умеренных нагрузках	CB	Дизели без наддува, работающие при повышенных нагрузках на сернистом топливе
SC	Двигатели, работающие с повышенными нагрузками (модели выпуска до 1964 г.)	CC	Дизели, в том числе с умеренным наддувом, работающие в тяжелых условиях
SD	Двигатели, работающие в тяжелых условиях (модели выпуска до 1968 г.)	CD	Дизели легковых автомобилей с одним турбонаддувом (модели до 1993 г.)
SE	Двигатели, работающие в тяжелых условиях (модели выпуска до 1972 г.)	CD II	То же, с учетом специфических требований двухтактных дизелей

Классификационные категории двигателей

Бензиновые двигатели (категория S)		Дизельные двигатели (категория C)	
Классы	Характеристики двигателей	Классы	Характеристики двигателей
SF	Двигатели автомобилей иностранного производства выпуска 1980-1989 г., все отечественные автомобили	CE	Дизели грузовых автомобилей, с наддувом (модели выпуска до 1983 г.), работающие в тяжелых условиях (высокие
SG	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска 1989-1993 г., японских с 1989-95 г.	CF	Дизели легковых автомобилей с одной или двумя турбонаддувами (нагрузки, малая частота вращения вала)
SH	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска 1993-1996 г., японских с 1995 г.	CF-2	Улучшенные «битурбо», выпуска с 1993 г. Характеристики CD II для двухтактных
SJ	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска с конца 1996 г.	CF-4	Высоконагруженные дизели грузовых автомобилей выпуска до 1994 г.

Класс масла	Категория масла	Область применения и свойства масла
Бензиновые двигатели легковых автомобилей		
А	А1-02	Двигатели, конструкция которых допускает применение снижающих трение энергосберегающих масел, маловязких при высокой температуре (150 °С) и большой скорости сдвига (2,6-3,5 мПа·с)*. Могут быть не пригодны для некоторых моделей двигателей, поэтому необходимо руководствоваться инструкцией по
	А-96 выпуск 3	Большинство умеренно форсированных двигателей с нормальным интервалом замены масла. Не предназначены для высокофорсированных двигателей
	А3-02	Высокофорсированные двигатели и/или при увеличенных интервалах замены масла, рекомендуемых автопроизводителем-ми. Сесезонное применение маловязких масел. Тяжелые условия эксплуатации, определяемые производителями двигателей. Масла, стойкие к деградации** вязкостных загущающих присадок
	А4-хх	Зарезервирована для перспективных двигателей с непосредственным впрыском бензина в камеру сгорания
	А5-02	Высокофорсированные двигатели, конструкция которых допускает применение снижающих трение энергосберегающих масел, маловязких при высокой температуре (150 °С) и большой скорости сдвига*. Могут быть не пригодны для некоторых моделей двигателей, поэтому необходимо руководствоваться инструкцией по

ДИЗЕЛИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОФУРГОНОВ

В	В1-02	<p>Дизели, конструкция которых допускает применение снижающих трение энергосберегающих масел, маловязких при высокой температуре (150 °С) и большой скорости сдвига*. Могут быть не пригодны для некоторых моделей дизелей, поэтому необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации автомобиля или справочниками.</p>
	В1-98 выпуск 2	<p>Большинство дизелей (преимущественно с отдельной камерой сгорания) с нормальным интервалом замены масла. Могут быть не пригодны для высокофорсированных дизелей</p>
	В3-98 выпуск 2	<p>Высокофорсированные дизели и/или при увеличенных интервалах замены масла, рекомендуемых автопроизводителями.</p>
		<p>Всесезонное применение маловязких масел. Тяжелые условия эксплуатации, определяемые производителями дизелей. Масла, стойкие к деградации**</p>
	В4-02	<p>Дизели с непосредственным впрыском топлива. Масла, стойкие к деградации**. Могут быть использованы в тех же условиях, что и категория В3-98 выпуск 2</p>
	В5-02	<p>Дизели, конструкция которых допускает применение снижающих трение энергосберегающих масел, маловязких при высокой температуре (150 °С) и большой скорости сдвига*. Могут быть не пригодны для некоторых моделей дизелей, поэтому необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации автомобиля. Масла, долгоработающие и стойкие к деградации</p>

Дизели грузовых автомобилей

Е	Е2-96 выпуск 4	Большинство дизелей без наддува и с турбонаддувом, работающие в средних и тяжелых условиях эксплуатации с нормальным интервалом замены
	Е3-96 выпуск 2	Дизели, выполняющие требования по выбросу токсичных веществ Евро 1 и Евро 2 и работающие в тяжелых условиях. Допускается увеличенный интервал замены масла, если это рекомендовано автопроизводителем. Масла обладают высокими моющими свойствами, препятствуют полировке
	Е4-99 выпуск 2	цилиндров, износу, росту вязкости от накопления сажи, имеют высокую стойкость к старению. Требования по выбросу токсичных веществ Евро 1, Евро 2 и Евро 3 и работающие в особо тяжелых условиях с увеличенными интервалами замена масла согласно рекомендациям автопроизводителям. Масла, стойкие к деградации**, обеспечивающие лучшую чистоту поршней, меньший износ и рост
	Е5-02	вязкости из-за накопления сажи по сравнению с высокофорсированные дизели, выполняющие масдами категории Е3-96 выпуск 4. Требования по выбросу токсичных веществ Евро и Евро 3 и работающие в особо тяжелых условиях с увеличенными интервалами замена масла согласно рекомендациям автопроизводителей. Масла, стойкие к деградации**, обеспечивающие особо хорошую чистоту поршней, предотвращение полировки цилиндров, износ и образование отложений в турбокомпрессоре. По сравнению с маслами категории Е3-96 выпуск 4 обладают меньшим ростом

Коды одобрения некоторых фирм-производителей автомобилей

Коды одобрения	Характеристика эксплуатационных свойств моторных масел
BMW	Только для всесезонных масел (на основе испытаний)
Mercedes-Benz (MB)	<p>MB 226.0 — сезонное масло для легковых автомобилей; MB 226.1 — всесезонное масло для легковых автомобилей; MB 226.3 — всесезонное масло с увеличенным интервалом замен для легковых автомобилей; MB 226.5 — всесезонное масло с еще более увеличенным интервалом замен для легковых автомобилей; MB 229.1 — масло для новых двигателей легковых автомобилей с 1997 г. выпуска (с интервалом замены</p>
Volkswagen — Audi (VW)	<p>VW 300.00 (300.00 км) — всесезонное; VW 501.01 — всесезонное; VW 505.00 — для двигателей с турбонаддувом; VW T4 — спецификация, характеризующая увеличение интервала замены</p>
Porsche	Только синтетические и полусинтетические масла с увеличенными интервалами замен, так как Porsche обеспечивает минимальный интервал замены 20000 км

Маркировка моторного масла для европейского рынка должна содержать 4 параметра:

- 1. вязкость (по SAE),**
- 2. эксплуатационные свойства по американской (API) классификации**
- 3. эксплуатационные свойства по европейской (ACEA) классификации,**
- 4. одобрение фирм-производителей автомобилей.**

Пример маркировки моторного масла:

SAE 5W-50; API SJ/CF, ACEA A3-96, B3-96; MB 229.1, BMW, VW 501.01/505.00, Porsche.

Указанная маркировка означает:

- 1. по вязкостно-температурным свойствам SAE 5W-50 данное моторное масло относится к всесезонным маслам, сочетающим в себе зимний (SAE 5W) и летний (SAE 50) классы вязкости;**
- 2. эксплуатационные свойства API SJ/CF по американской классификации API свидетельствуют, что масло может быть использовано для бензиновых двигателей легковых автомобилей, выпускаемых с конца 1996 г. (SJ), а также для дизелей легковых автомобилей, выпускаемых с 1993 г. (CF);**
- 3. эксплуатационные свойства ACEA A3-96 и B3-96 по европейской классификации ACEA свидетельствуют, что это масло экстракласса для бензиновых двигателей скоростных легковых автомобилей, предъявляющих особые требования к противоокислительным, вязкостным и противоизносным свойствам (A3-96), а также масло экстракласса для легковых дизельных двигателей с турбонаддувом (B3-96);**
- 4. коды одобрения фирм-производителей автомобилей MB 229.1, BMW, VW 501.01/505.00 и Porsche указывают, что масло может быть использовано для двигателей легковых автомобилей фирмы Mercedes-Benz выпуска с 1997 г. (MB 229.1), одобрено к применению для двигателей BMW и Porsche, используется как все сезонное масло (VW 501.01) для двигателей автомобилей Volkswagen и Audi и двигателей с турбо наддувом (VW 505.00) этих же заводов-производителей**

ТЕМА : ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

Основное назначение трансмиссионных масел — смазка высоконагруженных зубчатых механизмов силовых передач, подшипников и других деталей и узлов автомобилей. Масла для гидродинамических и гидрообъемных передач также относят к трансмиссионным, хотя условия их работы несколько специфичны.

По уровню напряженности работы зубчатых передач трансмиссионные масла делятся на следующие группы:

1. универсальные, обеспечивающие работу всех типов зубчатых передач и других трущихся деталей агрегатов трансмиссии;
2. общего назначения — для цилиндрических, конических и червячных передач автомобилей;
3. для гипоидных передач, сочетающих высокие скорости относительного скольжения профилей зубьев с высокими давлениями, что обуславливает очень неблагоприятные условия трения и вызывает необходимость применения масел с высокоэффективными противозадирными присадками;
4. масла для гидромеханических передач;
5. масла для гидрообъемных передач.

К наиболее важным эксплуатационным требованиям, которым должны удовлетворять трансмиссионные масла, относятся:

- 1. уменьшение интенсивности изнашивания и величины износа всех деталей трансмиссии;**
- 2. снижение потерь энергии, передаваемой от двигателя к ходовой части автомобиля;**
- 3. отвод тепла и удаление из зон трения продуктов износа и других загрязняющих масло примесей;**
- 4. отсутствие коррозионной агрессивности по отношению к деталям трансмиссии;**
- 5. снижение вибрации и шума шестерен и защита их от ударных нагрузок (при движении автомобиля на режиме «разгон — накат — разгон»);**
- 6. отсутствие вспенивания и стабильность свойств масла при работе смазываемых им механизмов.**

Для соответствия этим требованиям трансмиссионные масла должны обладать следующими свойствами:

- 1. пологой вязкостно-температурной кривой и сравнительно малой вязкостью в области отрицательных температур;**
- 2. высокими противоизносными, противозадирными (демпфирующими) и противопиттинговыми (препятствующими вырыванию металла из зоны контакта) свойствами;**
- 3. хорошей термоокислительной стабильностью;**
- 4. способностью предотвращать коррозионно-механический и водородный износ;**
- 5. стойкостью к образованию эмульсий с водой;**
- 6. высокой физической стабильностью в условиях длительного хранения;**
- 7. минимальным воздействием на резинотехнические и**

Основные свойства трансмиссионных масел

Процессы, происходящие в агрегатах трансмиссии автомобиля при их работе несколько отличаются от характера процессов, происходящих в двигателях внутреннего сгорания.

Так, максимальная температура поверхностей трения деталей трансмиссии, как правило, не превышает 300 °С, однако контактные напряжения достигают 2000 МПа, а в гипоидных передачах — 4000 МПа.

Поэтому физико-химические и эксплуатационные свойства трансмиссионных масел должны в полной мере гарантировать долговечную и надежную работу агрегатов трансмиссии автомобиля.

Согласно ГОСТ 17479.2–85 трансмиссионные масла разбиваются:

1. классы по вязкости
2. и в зависимости от эксплуатационных свойств их подразделяют на пять групп, определяющих области их применения

Классы вязкости трансмиссионных масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па
9	6,00 ... 10,99	-35
12	11,00 ... 13,99	-26
18	14,00 ... 24,99	-18
34	25,00 ... 41,00	—

Разделение на группы трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам и областям их применения

Группа масел	СОСТАВ МАС-ЛА	Рекомендуемая область применения
1	Минеральные масла без присадок	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла до 90 °С
2	Минеральные масла с противозносными присадками	То же, что и в группе 1, но при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла до 130 °С
3	Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипойдные передачи работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла до 150 °С
4	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и гипойдные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла до 150 °С
5	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипойдные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 МПа и температуре масла до 150 °С

В качестве примера рассмотрим обозначение трансмиссионного масла: ТМ-5-12₃(рк)

ТМ – трансмиссионное масло,
 5 – 5-й группы,
 12 – 12-го класса вязкости,
 3 – загущенное,
 рк – рабоче-консервационное.

Соответствие обозначений трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2–85 принятым в нормативно-технической документации

ГОСТ 17479.2–85	Принятое ранее обозначение масла
TM-2-18	ТС _п -15
TM-3-9	ТС _п -10
TM-3-18	ТА _п -15В; ТС _п -15 _к
TM-4-9	ТС _з -9 _{гип}
TM-4-18	ТС _п -14 _{гип}
TM-5-12,(рк)	ТЭ5-12 _{рк}
TM-5-18	ТАД-17И

Соответствие классов вязкости и групп трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2–85 системам SAE и API

ГОСТ 17479.2–85	SAE	ГОСТ 17479.2–85	API
Класс вязкости		Группа	
9	75W	TM-1	GL-1
12	80W/85W	TM-2	GL-2
18	90	TM-3	GL-3
34	140	TM-4	GL-4
–	250	TM-5	GL-5
–	–	–	GL-6

Температура масла в агрегатах трансмиссии колеблется в широких пределах, что значительно влияет на интенсивность изнашивания (истирания) зубьев шестерен.

Так, при понижении температуры с $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ интенсивность истирания возрастает в 2 раза, а при температуре до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ — в 4 раза.

С повышением температуры интенсивность истирания замедляется и при температуре масла $+70\text{-}80\text{ }^{\circ}\text{C}$ и воздуха $+20\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ стабилизируется.

Марка масла	Температура, С, при которой возможна свободное трогание автомобиля, не ниже				
	Стандартное масло	При добавлении зимнего или арктического дизельного топлива по ГОСТ 305-82, %			
		5	10	15	20
ТМ-5-12р к	-55	-	-	-	-
ТМ-4-9	-50	-	-	-	-
ТМ-3-9	-45	-50	-55	-	-
ТМ-3-18	-30	-40	-45	-50	-55
ТМ-3-18	-25	-30	-35	-40	-50
ТМ-4-18	-30	-40	-45	-50	-55
ТМ-5-18	-30	-40	-45	-50	-55

Классы вязкости трансмиссионных масел в соответствии с SAE

Класс вязко- сти	Температура, °С при которой вязкость не превышает 150 Па·с не выше	Вязкость, мм ² /с, при температуре 100°С	
		min	max
75W	-40	4,2	-
80W	-26	7,0	-
85W	-12	11,0	-
90	-	13,5	<24,0
140	-	24,0	<41,0

В соответствии с классификацией API трансмиссионные масла подразделяют по уровню их противоизносных и противозадирных свойств.

Масла классов GL-1 применяют при невысоких давлениях и скоростях скольжения в зубчатых зацеплениях. Они не содержат присадок.

Масла классов GL-2 содержат противоизносные присадки,

а масла класса GL-3 — противозадирные присадки и обеспечивают работу спирально-конических передач, в том числе гипоидных.

Масла класса GL-4 применяют для гипоидных передач среднего нагружения и трансмиссий, работающих в условиях экстремальных скоростей и ударных нагрузок, а также на режимах высоких скоростей вращения и малых крутящих моментов или низких скоростей вращения и больших крутящих моментов.

Масла класса GL-5 используют для высоконагруженных гипоидных передач легковых автомобилей, а также коммерческих, оснащенных трансмиссиями, работающими в режимах ударных нагрузок при высоких частотах вращения, и, кроме того, в режимах малых крутящих моментов при высоких частотах вращения или больших крутящих моментов при низких частотах вращения.

Соответствие классов вязкости и групп трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам по ГОСТ 17479.2-85, системам SAE и API

ГОСТ 17479.2-85	Система SAE	ГОСТ 17479.2-85 Система API		Область применения в соответствии с условиями эксплуатации
Класс вязкости		Группа условий эксплуатации		
1	2	3	4	5
9	75W	TM-1	GL-1	Механизмы, в которых используются масла с депрессорными и антипенными присадками
12	80W/85W	TM-2	GL-2	Механизмы, в которых используются масла с антифрикционными присадками
18	90	TM-3	GL-3	Ведущие мосты со спирально-коническими передачами; слабые противозадирные присадки

ГОСТ 17479.2-85	Система SAE	ГОСТ 17479.2-85 Система API	Область применения в соответствии с условиями эксплуатации	
Класс вязкости		Группа условий эксплуатации		
1	2	3	4	5
34	140	TM-4	GL-4	Гипоидные передачи; противозадирные присадки средней активности
	250	TM-5	GL-5	Гипоидные передачи грузовых и легковых автомобилей; активные противозадирные и противоизносные присадки
			GL-6	Гипоидные передачи, работающие в очень тяжелых условиях; высокоэффективные противозадирные и противоизносные присадки