

# **Автотракторные бензины**

**Тема №2**

**Дисциплина: «Эксплуатационные  
материалы»**

**Петрозаводск 2012**



# **Эксплуатационные свойства бензинов. Требования к качеству**

**Лекция №2.1.**



# **1. Основные сведения**

# Бензин и его свойства

- **Бензин** - продукт переработки нефти (горючая смесь лёгких углеводородов) представляющий собой горючее с низкими детонационными характеристиками.
- Бензины предназначены для применения в поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением (от искры).

## Физические свойства:

- Температура кипения от 30 до 200 °С.
- Плотность около 0,75 г/см<sup>3</sup>.
- Теплотворная способность примерно 10 500 ккал/кг (46 МДж/кг, 34,5 МДж/литр).
- Температура замерзания ниже –60 °С в случае использования специальных присадок.

# Получение бензинов

Бензин получают путем возгонки и отбора фракций нефти, выкипающих в определенных температурных пределах:

- до 100 °С — бензин I сорта,
- до 110 °С — бензин специальный,
- до 130 °С — бензин II сорта,
- до 265 °С — керосин («метеор»),
- до 270 °С — керосин обыкновенный, примерно до 300 °С — отбор масляных фракций.
- Остаток считается мазутом.

Из сырой нефти производится до 50% бензина. Эта величина включает природный бензин, бензин крекинг-процесса, продукты полимеризации, сжиженные нефтяные газы и все продукты, используемые в качестве промышленных моторных топлив.



# Разновидности бензина

## Автомобильные бензины

- Автомобильные бензины подразделяются на летние и зимние (в зимних бензинах содержится больше низкокипящих углеводородов).

## Авиационные бензины

- Авиационный бензин отличается от автомобильного более высокими требованиями к качеству, обычно имеет более высокое октановое число (что характеризует его детонационную стойкость на бедной смеси) и подразделяется по «сортности» (что характеризует его детонационную стойкость на богатой смеси).

## Экстракционные бензины

- температура кипения 70-95 °С) прямой перегонки малосернистых нефтей применяются для экстракции растительных масел, извлечения жира из костей, никотина из махорочного листа, как растворитель в резиновой и лакокрасочной промышленности.

## Нафта (бензины для нефтехимии)

- Нафта представляет собой фракцию нефти с пределами выкипания до 180 градусов Цельсия, состоят преимущественно из нормальных парафинов C5-C9. Получают прямой перегонкой нефти с добавлением небольшого количества вторичных фракций. Применяется как сырьё пиролиза для получения этилена на нефтехимических предприятиях, для блендинга и для экспорта.

# Требования к качеству

Один из важных факторов, от которого зависят технико-экономические показатели двигателя – это качество применяемого топлива и поэтому оно должно обладать определенными свойствами и характеристиками, и отвечать следующим **требованиям**:

1. Иметь высокую теплоту сгорания.
2. Обладать хорошими смесеобразующими свойствами, обуславливающими 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 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.

# Повышение качества автотракторных бензинов

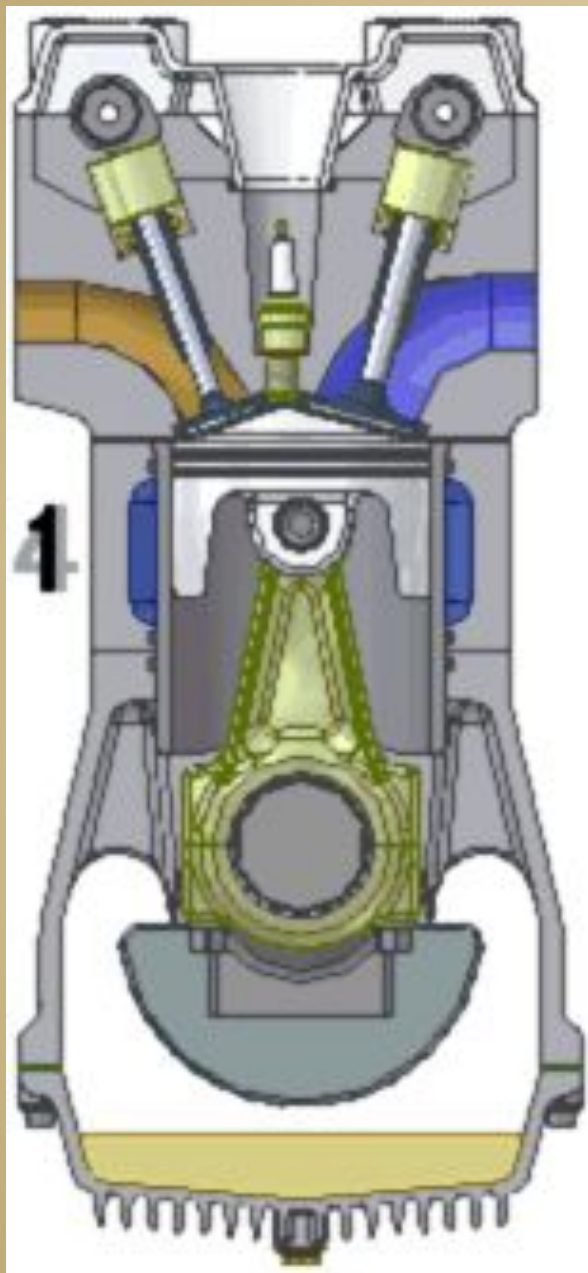
Повысить качество автомобильных бензинов можно за счет следующих мероприятий:

- отказа от применения в составе бензинов соединений свинца;
- снижения содержания в бензине серы до 0,05 %, а в перспективе до 0,003 %;
- снижения содержания в бензине ароматических углеводородов до 45 %, а в перспективе до 35 %;
- нормирования концентрации фактических смол в бензинах на месте применения на уровне не более 5 мг на 100 см<sup>3</sup>;
- 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;
- введения моющих присадок, не допускающих загрязнения и осмоления деталей топливной аппаратуры.



# Влияние на здоровье человека

- В случае отравления, вызванного вдыханием небольших концентраций паров бензина, наблюдаются симптомы, похожие на алкогольную интоксикацию: психическое возбуждение, эйфория, головокружение, тошнота, слабость, рвота, покраснение кожных покровов, учащение пульса. В тяжелых случаях могут наблюдаться галлюцинации, обморочные состояния, судороги, повышенная температура.
- Хроническое отравление бензином выражается в повышенной раздражительности, головокружении, поражении печени и ослаблении сердечной деятельности.
- Попадание бензина в лёгкие, при засасывании его в шланг, может привести к развитию «бензиновой пневмонии»: появляются боли в боку, одышка, кашель с ржавой мокротой, повышение температуры.
- При попадании бензина внутрь появляются обильная и повторная рвота, головная боль, боли в животе, жидкий стул. Иногда отмечаются увеличение печени и её болезненность, желтушность склер.



**2. Условия  
горения топлива  
в карбюраторном  
двигателе.**

# Карбюраторный двигатель

- К основным механизмам и системам бензинового двигателя относятся:
- кривошипно-шатунный механизм,
- газораспределительный механизм,
- система питания,
- система выпуска отработавших газов,
- система зажигания,
- система охлаждения,
- система смазки.

# Карбюраторный двигатель

- Крайние положения поршня называются **верхней "мертвой" точкой (ВМТ)** и **нижней "мертвой" точкой (НМТ)**.
- **Ход поршня (S)** - путь, пройденный от одной "мертвой" точки до другой.
- **Объем камеры сгорания (V<sub>с</sub>)** - объем, расположенный над поршнем, находящимся в **ВМТ**.
- **Рабочий объем цилиндра (V<sub>р</sub>)** - объем, освобождаемый поршнем при перемещении от **ВМТ** к **НМТ**.
- **Полным объемом цилиндра** является сумма объемов камеры сгорания и рабочего объема:  $V_n = V_p + V_c$ .
- **Рабочий объем двигателя** – это сумма рабочих объемов всех цилиндров. Измеряется рабочий объем в литрах.

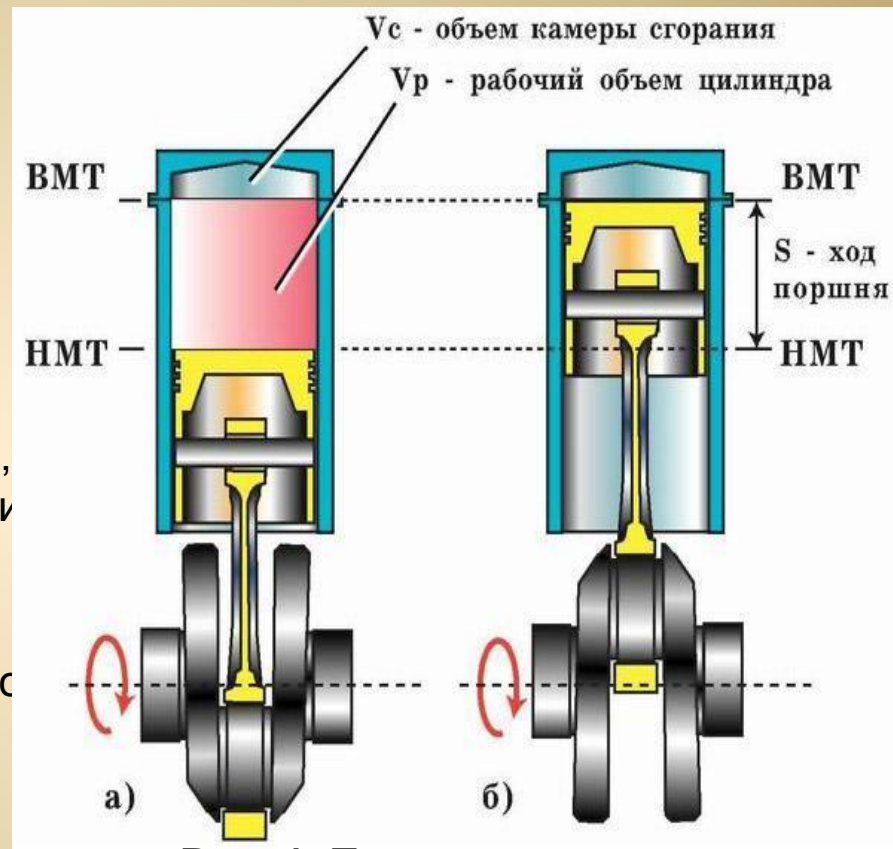


Рис. 1. Параметры цилиндра и поршня



# Работа карбюраторного двигателя.

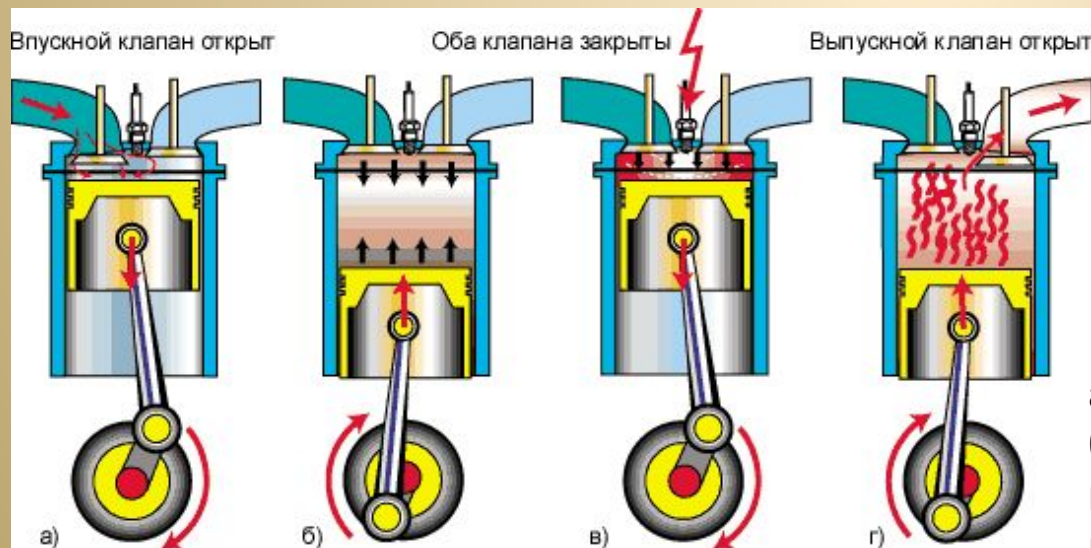
Рабочий процесс в карбюраторном двигателе состоит из четырех тактов:

1-й такт (всасывание горючей смеси)

2-й такт(сжатие рабочей смеси)

3-й такт(рабочий ход)

4-й такт(выпуск)



**Рис. 1. Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя:**

- а) впуск;
- б) сжатие;
- в) рабочий ход;
- г) выпуск



# 1-й такт (всасывание горючей смеси)

- **Горючая смесь** - смесь мелко распыленного бензина с воздухом в определенной пропорции (примерно 1:15).
- В карбюраторных двигателях процесс приготовления горючей смеси происходит в карбюраторе. В инжекторных двигателях впрыск топлива в воздушный поток осуществляют специальные форсунки.
- При такте впуска поршень от верхней мертвой точки перемещается к нижней мертвой точке. Объем над поршнем увеличивается. Цилиндр заполняется горючей смесью через открытый впускной клапан.
- В процессе заполнения цилиндра **горючая** смесь перемешивается с остатками отработавших газов и меняет свое название, теперь эта смесь называется **рабочая**.
- За первый такт работы двигателя кривошип коленчатого вала поворачивается на пол-оборота.

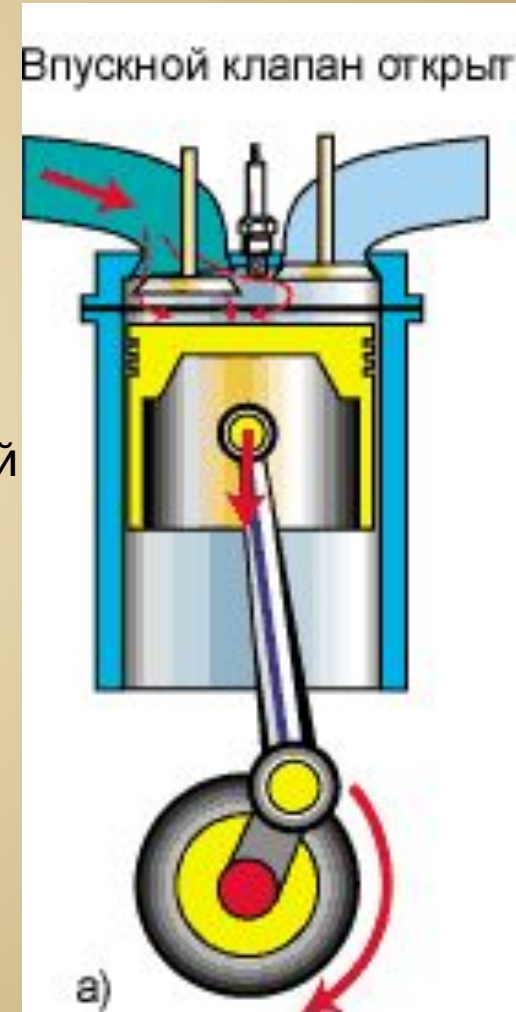


Рис. 2. Впуск

# 2-й такт (сжатие рабочей смеси)

- При такте сжатия поршень от нижней мертвой точки перемещается к верхней мертвой точке. Оба клапана плотно закрыты, поэтому рабочая смесь сжимается.
- При сжатии газов их температура повышается. Давление в цилиндре над поршнем в конце такта сжатия достигает 9–10 кг/см<sup>2</sup>, а температура 300–400°С.
- **Степень сжатия** показывает, во сколько раз полный объем цилиндра больше объема камеры сгорания (  $V_n/V_c$  ).
- В процессе такта сжатия коленчатый вал двигателя поворачивается на очередные пол-оборота. От начала первого такта и до окончания второго, он повернется уже на один оборот.

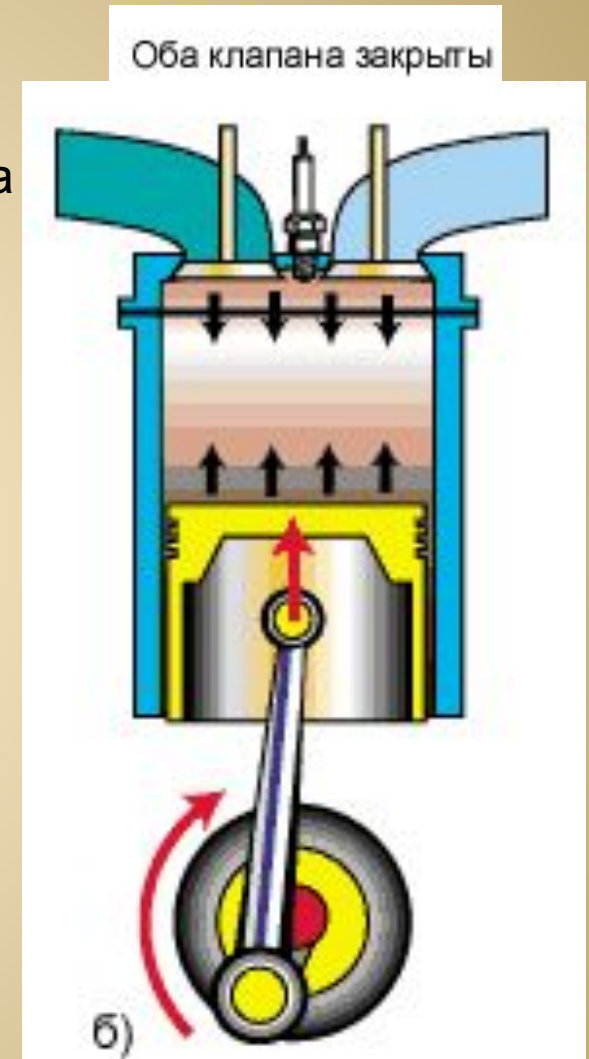


Рис. 3. Сжатие

# 3-й такт (рабочий ход)

- Происходит преобразование выделяемой при сгорании рабочей смеси энергии в механическую работу. Давление от расширяющихся газов передается на поршень и затем, через шатун и кривошип, на коленчатый вал.
- В самом конце такта сжатия рабочая смесь воспламеняется от электрической искры, проскакивающей между электродами свечи зажигания. В начале такта рабочего хода сгорающая смесь начинает активно расширяться. Поскольку впускной и выпускной клапаны все еще закрыты, то расширяющимся газам остается давить на подвижный поршень.
- Под действием давления, достигающего величины  $50 \text{ кг/см}^2$ , поршень начинает перемещаться к нижней мертвой точке.
- Температура в цилиндре достигает более 2000 градусов.
- Коленчатый вал при рабочем ходе делает очередные пол-оборота.

Оба клапана закрыты

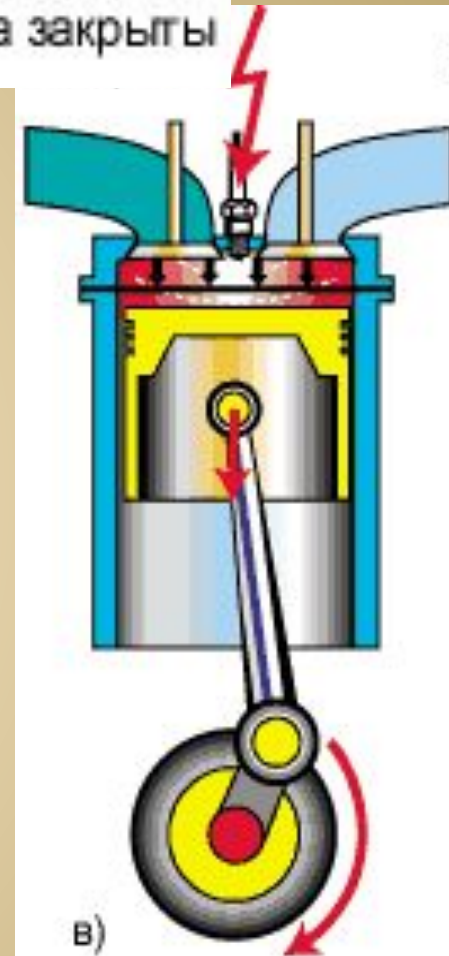


Рис. 4. Рабочий ход



# 4-й такт (выпуск отработавших газов)

- При движении поршня от нижней мертвой точки к верхней мертвой точке открывается выпускной клапан (впускной все еще закрыт), и отработавшие газы выбрасываются из цилиндра двигателя.
- Отработавшие газы содержат ряд токсичных компонентов (например, CO, NO<sub>2</sub>). Содержание CO в отработавших газах карбюраторных двигателей колеблется от 0,5 до 13%.
- Увеличенное количество CO вызывается неполным сгоранием топлива при неправильной регулировке карбюратора и плохом техническом состоянии двигателя.
- Коленчатый вал двигателя при такте выпуска делает еще пол-оборота. И всего, за четыре такта рабочего цикла, он сделал два полных оборота.
- После такта выпуска начинается новый рабочий цикл, все повторяется: впуск – сжатие – рабочий ход – выпуск... и так далее.

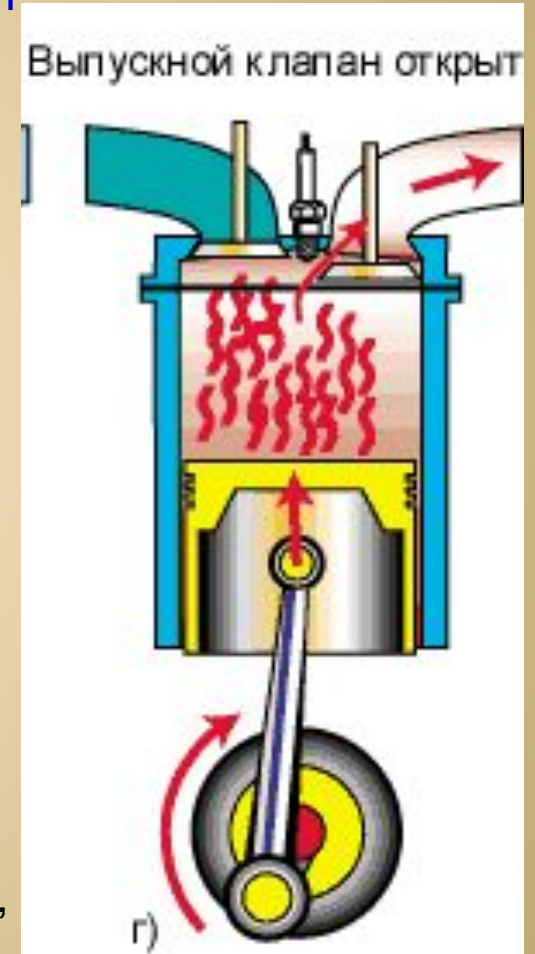
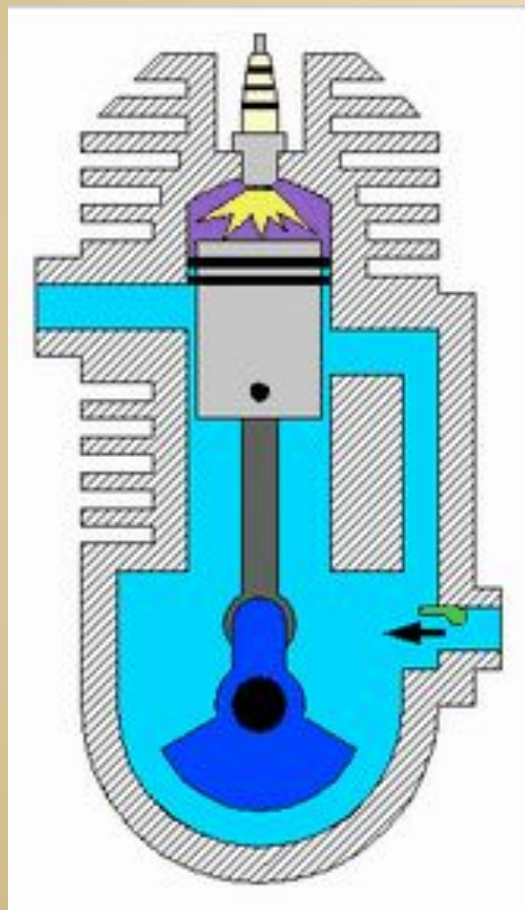
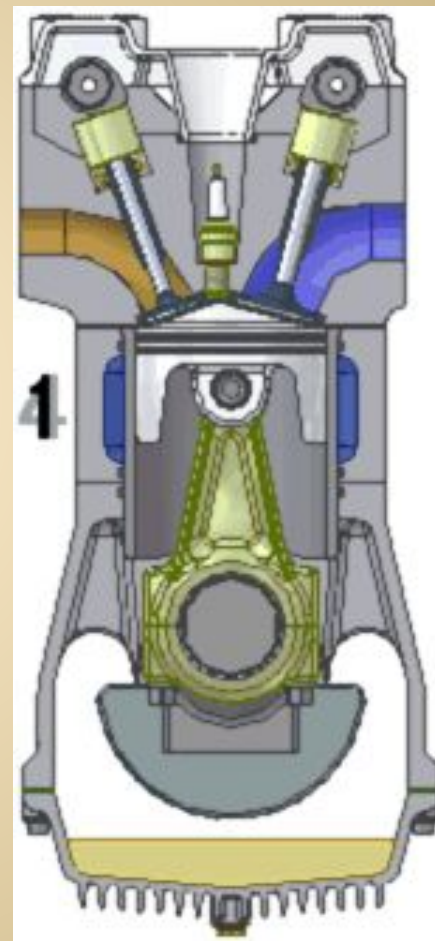


Рис. 5. Выпуск

# Так работает одноцилиндровый карбюраторный двигатель

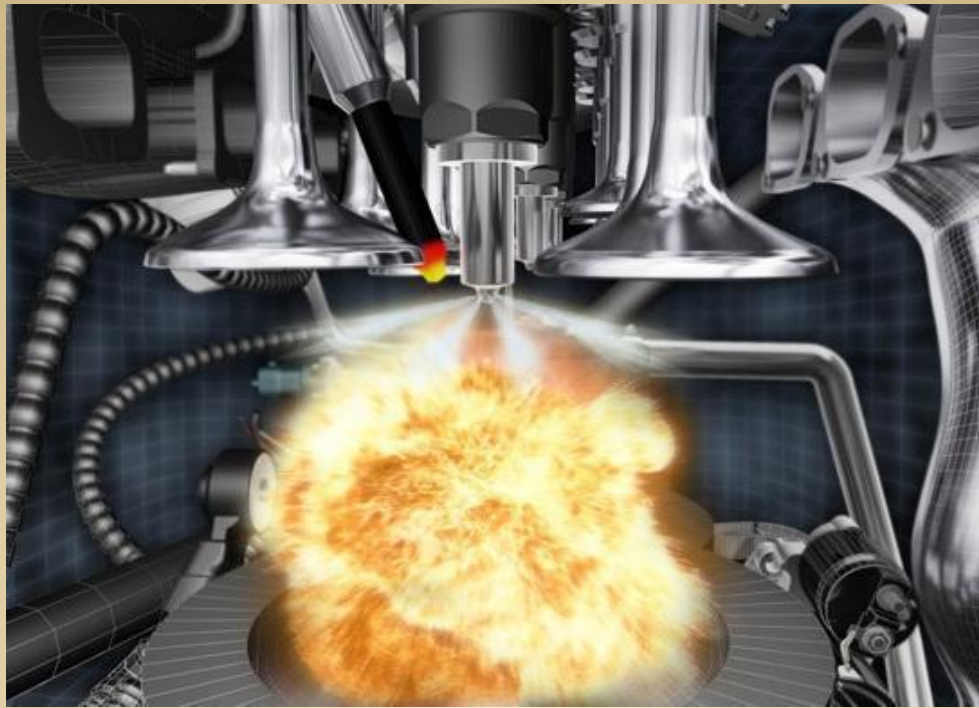


**Двухтактный**



**Четырехтактный**





# **Процесс сгорания бензина. Детонационные свойства**

**Лекция №2**

# Теплота сгорания.

- Количество теплоты, выделяемое при сгорании топливно-воздушной смеси, зависит от теплоты сгорания топлива и состава смеси. Чем выше теплота сгорания, тем меньше затрат топлива на единицу мощности.
- Теплота сгорания топливно-воздушной смеси подсчитывается по формуле

$$Q_{\text{т.с.}} = \frac{Q_{\text{н}} \eta_{\text{п.с}}}{1 + \alpha L_{\text{т.в}}},$$

- где  $Q_{\text{н}}$  – нижняя удельная теплота сгорания или рабочая (теплота сгорания, получаемая в практических условиях);
- $\eta_{\text{п.с}}$  – коэффициент полноты сгорания топлива;
- $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;
- $L_{\text{т.в.}}$  – теоретическое количество воздуха, необходимого для полного сгорания 1 кг топлива.

# Воспламенение рабочей смеси

Воспламенение топливно-воздушной смеси зависит от:

- ее состава и вида топлива
- температуры и давления (с возрастанием их значений пределы воспламеняемости увеличиваются).

Различают **верхний и нижний пределы воспламеняемости**.

- За верхний предел принято такое содержание топлива в воздухе, при котором дальнейшее обогащение смеси делает ее невоспламеняемой.
- Нижний предел определяется недостатком топлива в воздухе, т.е. таким состоянием смеси, при котором дальнейшее обеднение делает ее невоспламеняемой.

# Состав рабочей смеси

- Состав горючей смеси оценивают по коэффициенту избытка воздуха  $\alpha$  , который представляет собой отношение массы воздуха  $L_d$  , действительно участвующего в процессе сгорания, к его теоретически необходимой массе  $L_T$

$$\alpha = \frac{L_d}{L_T} .$$

# Виды рабочих смесей по составу

- **Нормальная рабочая смесь** – считается, при  $\alpha = 1$  т.е.  $L_d = L_t$ . 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 15 ... 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 менее 15 кг, но не менее 13 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.

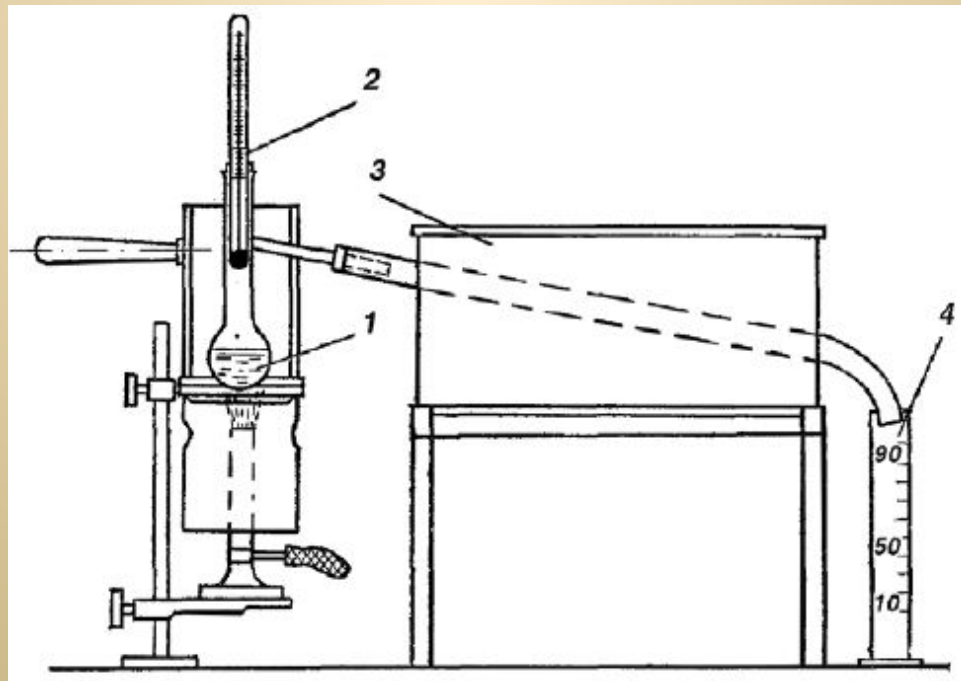


# Фракционный состав

- Основное из физико-химических свойств топлива, определяющее качество топливно-воздушной смеси, и, следовательно, полноту сгорания топлива - **испаряемость**, которая характеризуется фракционным составом.
- **Фракция** – это часть бензина, выкипающая в определенных пределах.
- Фракционный состав определяют по ГОСТ 2177–82 при помощи специального прибора

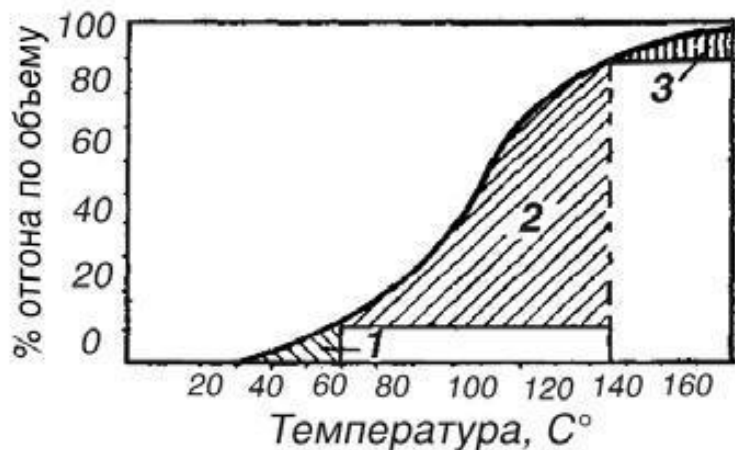
# Определение фракционного состава

- В колбу 1 наливают 100 мл исследуемого топлива и нагревают до кипения.
- Пары топлива поступают в холодильник 3, где конденсируются и далее в виде жидкой фазы поступают в мерный цилиндр 4.
- В процессе перегонки фиксируют температуру, при которой выкипает 10, 20, 30 % и т.д. исследуемого топлива.
- Перегонку заканчивают, когда после достижения наивысшей температуры наблюдается небольшое ее падение.
- По результатам перегонки строят кривую фракционной разгонки испытуемого топлива



# Кривая фракционной разгонки

- Первая – **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.
- Другая часть бензина, выкипающая от 10 до 90 % называют **рабочей фракцией**. Температура ее испарения не должна быть выше 160 ... 180 °С.
- Тяжелые углеводороды бензина в интервале от 90 % выкипания до конца кипения представляют собой **концевые или хвостовые фракции**, которые крайне нежелательны в топливе. Наличие этих фракций приводит к отрицательным явлениям при работе двигателя: неполному сгоранию топлива, повышенному износу деталей за счет смывания смазки с гильз цилиндров и разжижения моторного масла в двигателе, увеличению нагарообразования.



Кривая фракционной разгонки автомобильного бензина А-76:

1-пусковые фракции; 2-рабочие;  
3-концевые или хвостовые фракции

# Нормальное и детонационное горение

Различают нормальное и детонационное горение топлива.

## При нормальном сгорании рабочей смеси:

- ее части воспламеняются постепенно и происходит полное сгорание
- скорость распространения пламени составляет 25 ... 40 м/сек (можно регулировать обеднением или обогащением рабочей смеси)
- давление в цилиндре нарастает плавно.

В результате повышения температуры и давления может начаться детонационное (взрывное) горение.

## При детонационном горении:

- скорость горения нарастает скачкообразно и достигает 1500 ... 2500 м/сек.
- в результате возникающей вибрации появляется характерный металлический стук.
- часть топлива не успевает полностью сгореть, что внешне сопровождается появлением дымного выхлопа.
- происходит перегрев деталей двигателя, двигатель работает неуравновешенно, из-за перегрева прогорают поршни и клапаны, пригорают поршневые кольца, резко повышается износ цилиндро-поршневой и кривошипно-шатунной групп.

# Факторы, влияющие на процесс горения

## Конструктивные факторы:

- степень сжатия;
- форма камеры сгорания;
- расположение и количество искровых свечей;
- материал поршней, головки блока и гильз.

## **Пути повышения экономичности двигателя:**

- повышение степени сжатия  $\epsilon$ ;
- применение наддува;
- снижение температуры рабочей смеси;
- уменьшение диаметра поршня, увеличение числа искровых свечей.

## Эксплуатационные факторы:

- угол опережения зажигания;
- коэффициент избытка воздуха;
- нагарообразование в камере сгорания;
- частота вращения коленчатого вала.

## Состав топлива:

- качество используемого топлива, которое характеризуется детонационными свойствами.



# Детонационная стойкость бензина

- Для исследования детонационной стойкости бензина применяется метод сравнения испытуемого бензина с детонационной стойкостью эталонного топлива. Это топливо представляет собой смесь двух углеводородов – изооктана и гептана.
- Высокая детонационная стойкость изооктана оценивается 100 ед., а низкая гептана – 0 ед.
- Показателем детонационной стойкости бензинов является октановое число.
- **Октановым числом** называется величина численно равная процентному содержанию (по объему) изооктана в смеси с гептаном. Если октановое число топлива равно 76, то это значит, что детонационная стойкость этого топлива такая же, как у смеси, состоящей из 76 % изооктана и 24 % гептана.

# Методы определения октанового числа

Существует два метода определения октанового числа топлива – моторный и исследовательский.

**Моторный метод** определения октанового числа топлива заключается в следующем:

1. Устанавливают нормальный режим работы одноцилиндрового двигателя с изменяемой степенью сжатия на испытуемом топливе.
2. Изменяя степень сжатия, добиваются появления интенсивной детонации.
3. Подбирают такую эталонную смесь изооктана с гептаном, которая при тех же условиях работы двигателя, будет также устойчиво детонировать.
4. По соотношению изооктана и гептана дают заключение о испытуемом топливе.

# Методы определения октанового числа

- Исследовательский метод заключается в менее жестком режиме работы лабораторного двигателя на испытуемом топливе. Поэтому октановое число по исследовательскому методу несколько выше, чем октановое число, определенное по моторному методу.
- Анализ "октанового числа" в процессе эксплуатации показывает, что исследовательский метод лучше характеризует свойства бензина при работе двигателя в условиях загородной езды, а моторный метод – в тяжелых дорожных условиях.
- Если октановое число было определено исследовательским методом, то в марке бензина ставится индекс "И", например автомобильный бензин АИ-93, а при моторном методе бензин будет иметь обозначение А-76.

# Увеличение октанового числа

## Увеличение октанового числа бензина возможно по ряду направлений:

- подбор соответствующего нефтяного сырья;
- совершенствование технологии переработки и очистки бензина.
- добавление к бензинам антидетонаторов.

## Антидетонаторы:

- тетроэтилсвинец, (ТЭС);
- тетраметилсвинец (ТМС).

## Недостатки ТЭС

- ТЭС – ядовитое вещество, поэтому при обращении с ним, и этилированным бензином необходимо соблюдать меры предосторожности;
- свинец, находящийся в нем, из камеры сгорания удаляется не полностью, что приводит к освенцовыванию камеры сгорания. С целью уменьшения этого явления к ТЭС добавляют бромистые и хромистые соединения.
- В современных двигателях применяют ТМС, который более эффективен по сравнению с ТЭС. Это объясняется тем, что в форсированных двигателях температурный режим достаточно высок, а ТЭС разлагается слишком рано, так как он не слишком термически устойчив, и в связи с этим часть вещества расходуется непроизводительно, а ТМС в отличие от ТЭС более термически устойчив.
- В состав и ТЭС и ТМС входят красители, поэтому все этилированные бензины имеют окраску в отличие от неэтилированных.



# Состав этиловых жидкостей

Компоненты	Содержание компонентов в этиловой жидкости, %		
	P-9	1-ТС	П-2
Тетроэтилсвинец, не менее	54	58	55
Выносители свинца:			
1 бромистый этил	33	–	–
2 дибромэтан	–	36	–
3 дибромпропан	–	–	34,4
4 хлорнафталин	6,8	–	5,5
Антиокислитель н- гидрооксидифениламин	0,02 ... 0,03	0,02 ... 0,03	0,02 ... 0,03
Краситель – диэтиламинобензол, г/кг	0,4	0,503	0,502
Наполнитель – бензин Б-70	до 100 %		

# Зависимость между содержанием ТЭС в изоктане и октановым числом

Содержание ТЭС в изоктане, г/кг	Октановое число
0,0000	100
0,0474	101
0,1011	102
0,1584	103
0,2214	104
0,2214	105
0,3800	106
0,4680	107
0,5640	108
0,6785	109
0,8123	110

# Марки бензинов

- По ГОСТ 2084-77 и ГОСТ Р51105-97 и ТУ 38.001165-97. В зависимости от октанового числа ГОСТ 2084-77 предусматривает пять марок автобензинов: А-72, А-76, АИ-91, АИ-93 и АИ-95. Для первых двух марок цифры указывают октановые числа, определяемые по моторному методу, для последних - по исследовательскому.
- В целях повышения конкурентоспособности российских бензинов и доведения их качества до уровня европейских стандартов разработан ГОСТ Р 51105-97 "Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия". Этот стандарт не заменяет ГОСТ 2084-77, которым предусмотрен выпуск как этилированных, так и неэтилированных бензинов. В соответствии с ГОСТ Р 51105-97 будут вырабатываться только неэтилированные бензины (максимальное содержание свинца не более 0,01 г/дм<sup>3</sup>).
- В зависимости от октанового числа по исследовательскому методу установлено четыре марки бензинов: "Нормаль-80", "Регуляр-91", "Премиум-95", "Супер-98".





# Контрольные вопросы

1. Из каких тактов состоит рабочий процесс четырехтактного бензинового двигателя?
2. Во время какого такта происходит преобразование выделяемой при сгорании рабочей смеси энергии в механическую работу?
3. Что такое горючая смесь?
4. Где происходит приготовление горючей смеси?
5. Что такое рабочая смесь?
6. Какие давление и температура в цилиндре над поршнем в конце такта сжатия?
7. Что такое степень сжатия?
8. Какие давление и температура в цилиндре над поршнем во время рабочего хода?
9. В чем опасность отработавших газов?
10. Чем вызывается увеличение количества CO в отработавших газах?