

Лекция 3. Топливо и химические реакции при его сгорании

Общие сведения

Требования предъявляемые к топливу:

1. Для двигателей с **искровым зажиганием** – хорошая испаряемость.
2. Для двигателей с **внутренним смесеобразованием** – хорошее распыление.
3. Быстрый и надежный пуск двигателя.
4. Сгорание без образования нагара и кокса.
5. Минимум износа и коррозии зеркала цилиндра, поршневых колец и поршня.
6. Полное сгорание с минимумом вредных веществ в отработавших газах.

Краткие сведения о способе получения автомобильных топлив

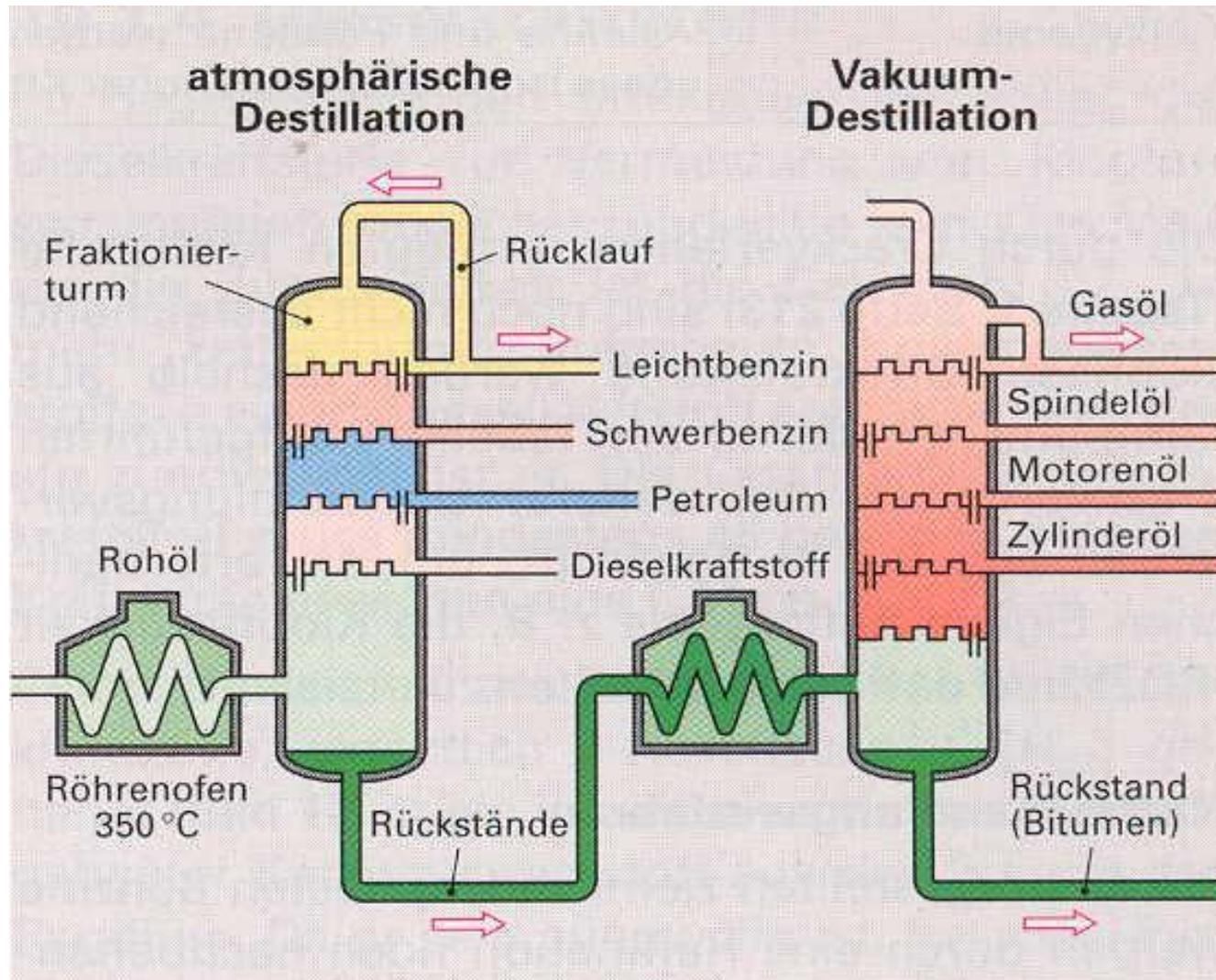


Bild 1: Destillation von Rohöl

Структура и состав топлива

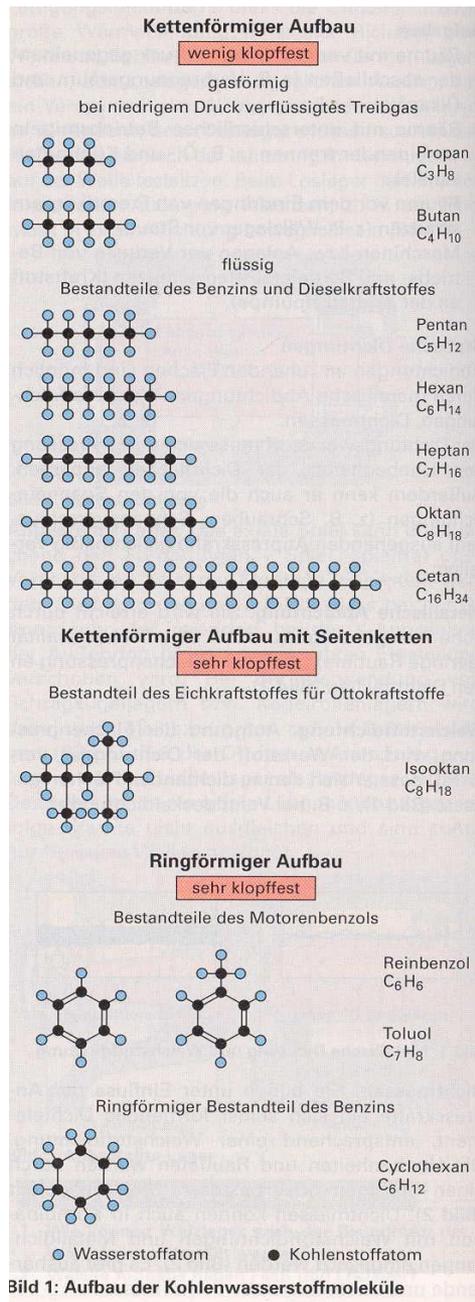


Bild 1: Aufbau der Kohlenwasserstoffmoleküle

Цепная структура молекул (с **малой склонностью к детонации**) газообразные

Пропан

Бутан

жидкие

Пентан

Гексан

Гептан

Октан

Сетан

Цепная структура молекул с боковыми ответвлениями (**высокая склонность к детонации**)

Изооктан

Кольцевая структура молекул (**высокая склонность к детонации**)

Чистый бензол

Толуол

Циклогексан

Элементарный состав топлива

жидкого:

$$C + H + O_T = 1 \text{ кг}$$

газообразного:

$$\sum C_n H_m O_r + N_2 = 1$$

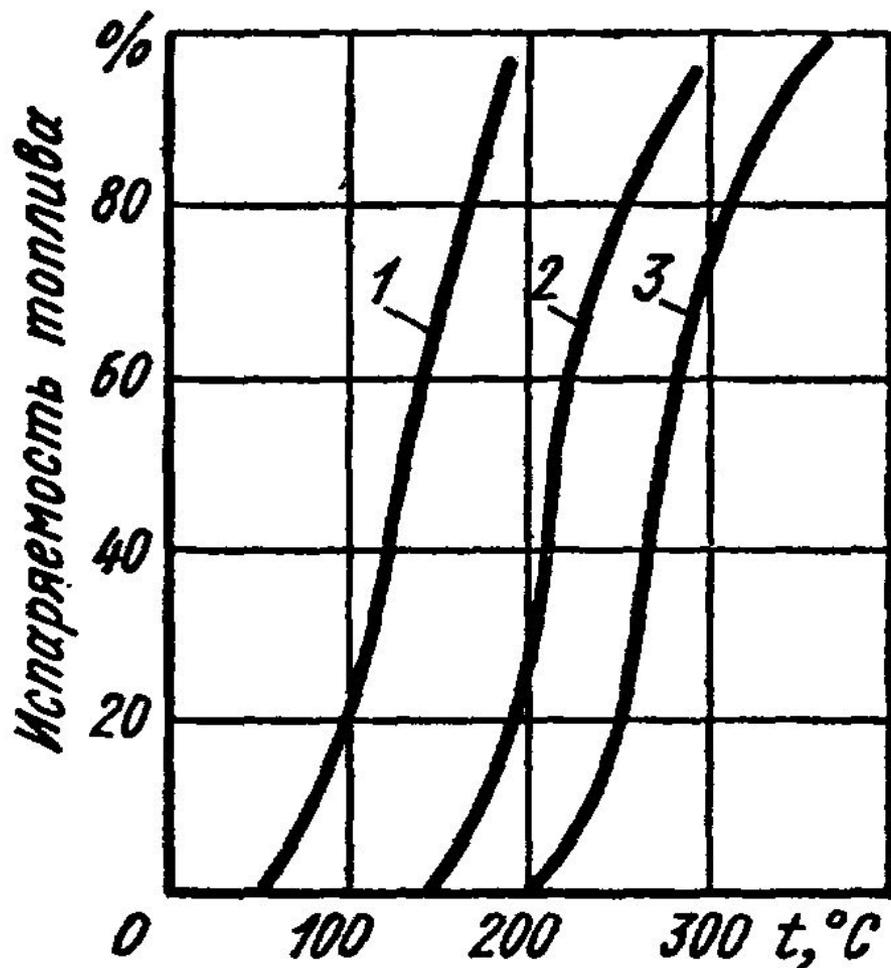
Таблица 1

Жидкое топливо	Содержание, кг		
	С	Н	О
Бензин	0,855	0,145	—
Дизельное топливо	0,870	0,126	0,004

Таблица 2

Газообразное топливо	Содержание, м ³ или моль								
	Метан CH ₄	Этан C ₂ H ₆	Про- пан C ₃ H ₈	Бутан C ₄ H ₁₀	Тяжелые углево- дороды C _n H _m	Водо- род H ₂	Оксид угле- рода CO	Угле- кис- лый газ CO ₂	Азот N ₂
Природный газ	90,0	2,96	0,17	0,55	0,42	0,28		0,47	5,15
Синтез-газ	52,0	—	—	—	3,4	9,0	11,0	—	24,6
Светильный газ	16,2	—	—	—	8,6	27,8	20,2	5,0	22,2

Испаряемость топлива



1 - бензин;

2 - керосин;

3 - дизельное топливо

Кривые фракционной разгонки различных топлив

**Основные показатели автомобильных бензинов
(по ГОСТ 2084—67)**

Показатели	А-93	А-98
Детонационная стойкость, характеризующая октановым числом, определяемым по методу:		
	моторному, не менее	85
исследовательскому, не менее	93	98
Фракционный состав:		
температура начала перегонки, °С (не ниже):		
летнего бензина	35	35
зимнего бензина		
10% перегоняется бензина при температуре, °С (не выше):	Не нормируется	
летнего	70	70
зимнего	55	—
50% перегоняется бензина при температуре, °С (не выше):		
летнего	115	115
зимнего	100	—
90% перегоняется бензина при температуре, °С (не выше):		
летнего	180	180
зимнего	160	—
температура конца кипения бензина, °С (не выше):		
летнего	195	195
зимнего	185	—
остаток в колбе, % (не более)	1,5	1,5
» и потери, %	4,0	4,0

Детонационная стойкость и воспламеняемость топлива

Параметры дизельного топлива

3. Основные показатели дизельных топлив

Показатели	ГОСТ 305—73				ГОСТ 4749—73			
	А	З	Л	ЗС	ДА	ДЗ	ДЛ	ДС
Цетановое число, не менее	45	45	45	45	45	45	45	50
Фракционный состав:								
50% перегоняется при температуре, °С (не выше)	240	250	280	280	255	280	290	280
96% перегоняется при температуре, °С (не выше)	330	340	360	340	330	340	360	340
Вязкость при 20 °С, сСт	1,5— 2,5	1,8— 3,2	3,0— 6,0	1,8— 3,2	1,5— 4,0	3,5— 6,0	3,5— 6,0	4,5— 8,0
Зольность, % (не более)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Содержание серы, % (не более)	0,4	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O \right)$$

$$l_0 = \mu_a L_0,$$

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right),$$

$$L'_0 = \frac{1}{0,208} \sum \left(n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2} \right) C_n H_m O_r,$$

Пример расчета для бензина:

$$\begin{aligned} l_0 &= \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O \right) = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} \cdot 0,855 + 8 \cdot 0,145 \right) = \\ &= 14,957 \text{ кг возд/кг топл.} \end{aligned}$$

Коэффициент избытка воздуха

$$\alpha = l/l_0 = L/L_0.$$



Под коэффициентом избытка воздуха понимают отношение действительного количества воздуха участвующего в сгорании к теоретически необходимому количеству воздуха

Коэффициент избытка воздуха при номинальной мощности

Карбюраторные двигатели	0,80 — 0,96
Двигатели с форкамерно-факельным зажиганием	0,85 — 0,98 и выше
Двигатели с искровым зажиганием и впрыском топлива	0,85 — 1,30
Дизели с неразделенными камерами и объемным смесеобразованием	1,50 — 1,70
Дизели с неразделенными камерами и пленочным смесеобразованием	1,50 — 1,60
Вихрекамерные дизели	1,30 — 1,45
Предкамерные дизели	1,40 — 1,50
Дизели с наддувом	1,30 — 2,2

Определение количества горючей смеси (кмоль гор. см/кг топл.):

- для двигателей с воспламенением от искры

$$M_1 = \alpha L_0 + 1/m_T,$$

- для двигателей с воспламенением от сжатия

$$M_1 = \alpha L_0.$$

- для газовых двигателей

$$M'_1 = \alpha L'_0,$$

Определение общего количества продуктов сгорания (кмоль пр. сг./кг топл.):

- при полном сгорании:

$$M_2 = M_{\text{CO}_2} + M_{\text{H}_2\text{O}} + M_{\text{O}_2} + M_{\text{N}_2}.$$

- при не полном сгорании:

$$M_2 = M_{\text{CO}_2} + M_{\text{CO}} + M_{\text{H}_2\text{O}} + M_{\text{H}_2} + M_{\text{N}_2}$$

Теплота сгорания топлива и топливовоздушных смесей

$$H_{см} = H_u / M_1,$$



Под теплотой сгорания топлива понимают то количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании объемной или массовой единицы топлива

Теплота сгорания горючих смесей при Альфа=1

Топливо	$H_{см},$ кДж/кмоль	$H'_{см},$ кДж/м ³	Топливо	$H_{см},$ кДж/кмоль	$H'_{см},$ кДж/м ³
Бензин	83 860	3 739	Пропан	79 130	3 534
Керосин	83 900	3 747	Генераторный газ:		
Дизельное топливо	84 150	3 755	из дров	52 335	2 324
Этиловый спирт	81 180	3 626	из антрацита	58 010	2 587
Бутан	80 180	3 580	Природный газ	76 200	3 404

Концентрационные пределы распространения пламени в смесях топлива с воздухом

Топливо	Концентрационные пределы			
	верхний		нижний	
	$r_T, \%$	α_{min}	$r_T, \%$	α_{max}
Водород	65,2	0,22	9,5	4,0
Окись углерода	70,9	0,17	15,5	2,3
Метан	11,9	0,78	6,5	1,5
Бензин	5,9	0,3	1,5	1,3
Этиловый спирт	13,7	0,4	4,0	1,7



Верхним концентрационным пределом называют объемное содержание топлива в смеси, при котором дальнейшее его увеличение делает смесь не горючей.

Нижним концентрационным пределом называют объемное содержание топлива в смеси, при котором дальнейшее его уменьшение также делает смесь не горючей.

Термодинамические свойства свежего заряда и продуктов сгорания

$$C_p = C_v + R_{\mu} = C_v + 8,3144.$$

$$C_{v\text{св}} = \sum r_k C_{v_k},$$

$$C_{v\text{п.с}} = \sum r_k C_{v_k}.$$

