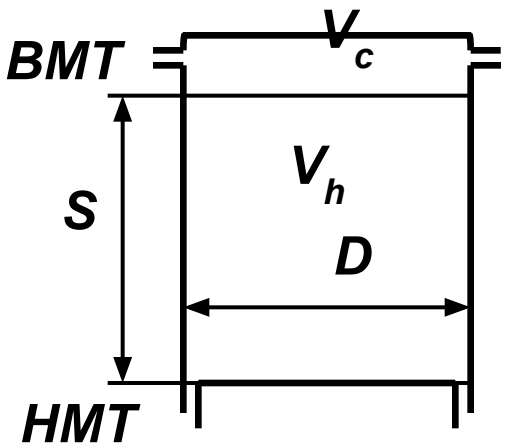
Лекция №6. Газообмен в д.в.с. Анализ процессов впуска и сжатия

1. Условия и характер протекания процесса впуска. Коэффициенты наполнения и остаточных газов.
2. Выбор и обоснование степени сжатия д.в.с.

3. Способы смесеобразования и периоды процесса сгорания в бензиновых, газовых и дизельных двс.

4. Состав и токсичность продуктов сгорания

5. Условия и характер протекания процесса выпуска.



Теоретически возможная масса свежего заряда:

$$G_0 = \frac{P_0 \cdot V_h}{R_0 \cdot T_0}; \qquad G_к = \frac{P_к \cdot V_h}{R_к \cdot T_к} \quad (2-2)$$

(двс без наддува) **(двс с наддувом)**

Масса действительно поступившего свежего заряда:

$$G_e = \frac{P_a \cdot V_h}{R_a \cdot T_a} \qquad (2-3)$$

Масса остаточных газов предыдущего цикла:

$$G_r = \frac{P_r \cdot V_c}{R_r \cdot T_r} \qquad (2-4)$$

Коэффициент наполнения цилиндра свежим зарядом:

$$\eta_v = \frac{G_e}{G_0} = \frac{G_e}{G_к}; \qquad (2\text{-}5)$$

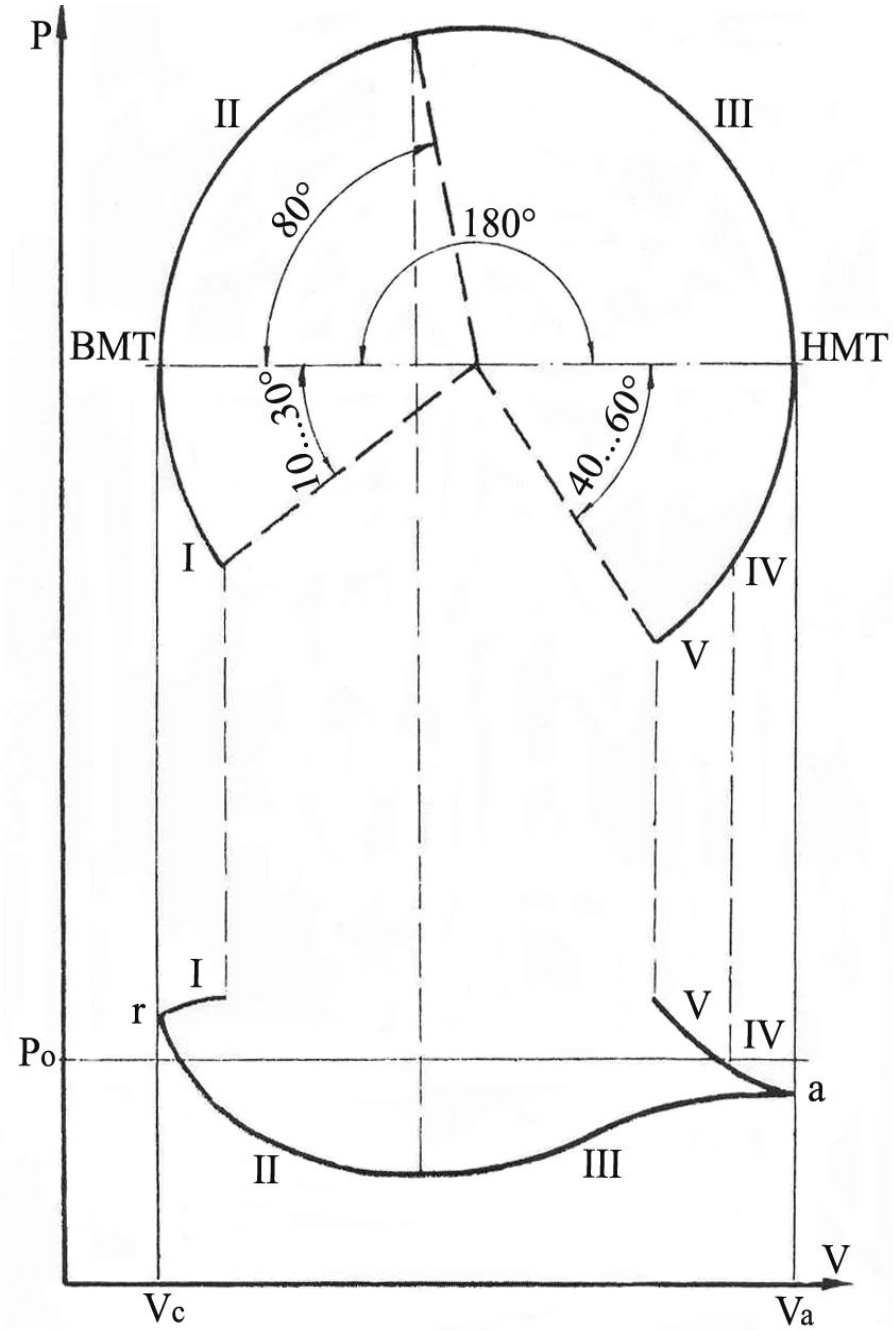
двс без наддува ($P_a < P_0$; $T_a > T_0$; $\eta_v < 1$)

двс с наддувом ($P_a \geq P_0$; $T_a > T_0$; $\eta_v \geq 1$)

Коэффициент остаточных газов:

$$\gamma_r = \frac{G_r}{G_e} \qquad (2-6)$$

[2-3]



Периоды процесса впуска:

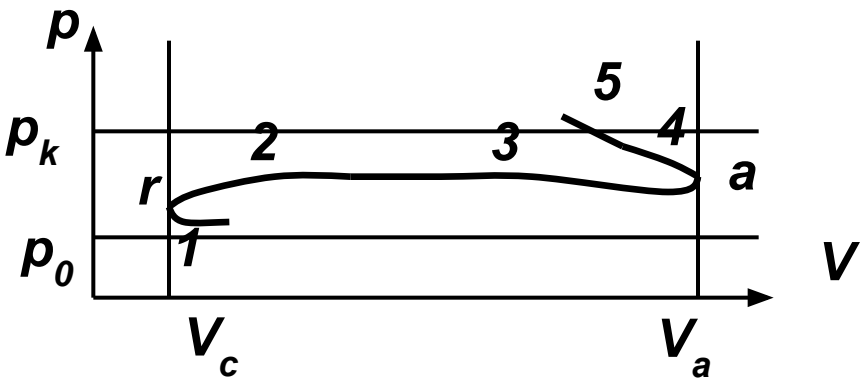
1- предварительный впуск для полного открытия клапана в ВМТ.

2- основной впуск при ускоренном движении поршня (наибольшее разряжение в цилиндре).

3- основной впуск при замедленном движении поршня.

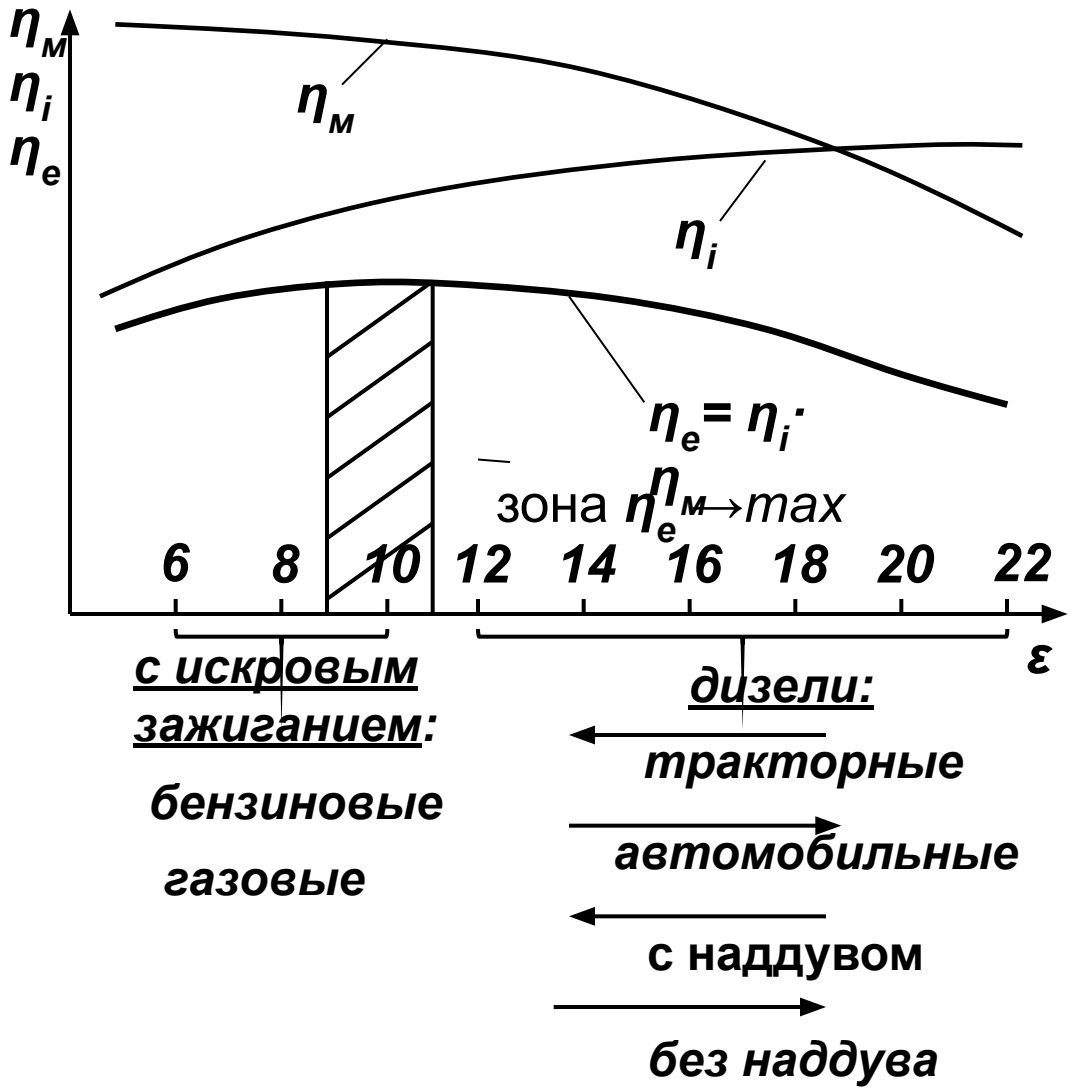
4 и 5 – запаздывание впуска (4 – дозарядка цилиндра, 5- возможный обратный выброс свежего заряда).

Впуск в двс с наддувом



[2-4]

2. Выбор и обоснование степени сжатия двс



Типы двс:

- с искровым зажиганием ε=6...10 (верхний предел ограничивается детонационными свойствами топлива)

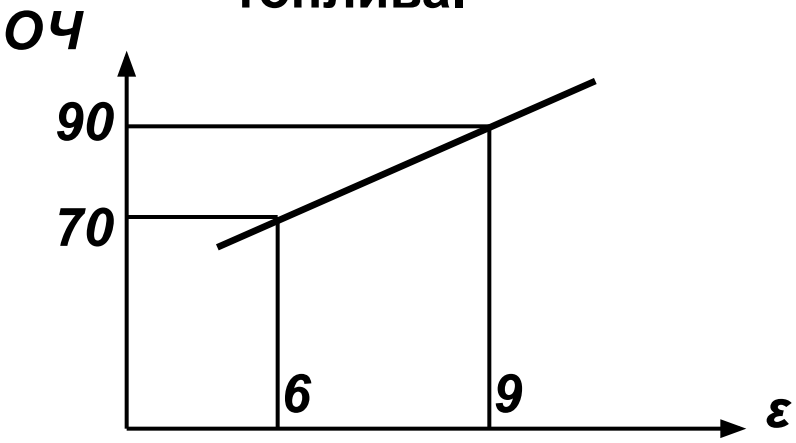
-дизели без наддува ε=15…22;

-дизели с наддувом ε=12…16(нижние пределы ε у дизелей ограничиваются самовоспламенением смеси при сжатии).

[2-9]

<u>Факторы, влияющие на выбор *ε:*</u>

1. – тип и назначение двс;
2. – форма камеры сгорания (компактность);
3. – устойчивое самовоспламенение впрыснутого топлива у дизелей;
4. – давление газов в характерных точках рабочего цикла;
5. – антидетонационные свойства и октановое число (О.Ч.) топлива.



Эмпирические взаимосвязи:

$$\varepsilon \cong \frac{ОЧ}{11};$$

для бензиновых двигателей;

$$\varepsilon = \frac{413}{125{,}4 + 0{,}183 \cdot D - ОЧ}.$$

<u>Детонационное сгорание</u> – это распространение фронта пламени со скоростью до 2000м/с против 20…40 м/с при нормальном сгорании – зависит от ОЧ топлива, состава смеси, *ε,* угла опережения зажигания, перегрузки и перегрева двигателя.

[2-10]

3. Способы смесеобразования и периоды процесса сгорания в бензиновых, газовых и дизельных двс.

Горючая смесь = топливо + воздух

Рабочая смесь = топливо + воздух + остаточные газы предыдущего цикла

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = \frac{L_д}{L_0}$, (3 - 1)

где $L_д$ – действительно поступившее количество воздуха на единицу количества топлива;

L_0 – теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания топлива (например: 1кг бензина => 14,5 кг или ≈ 11,2 м^3 воздуха).

Типы горючих смесей:

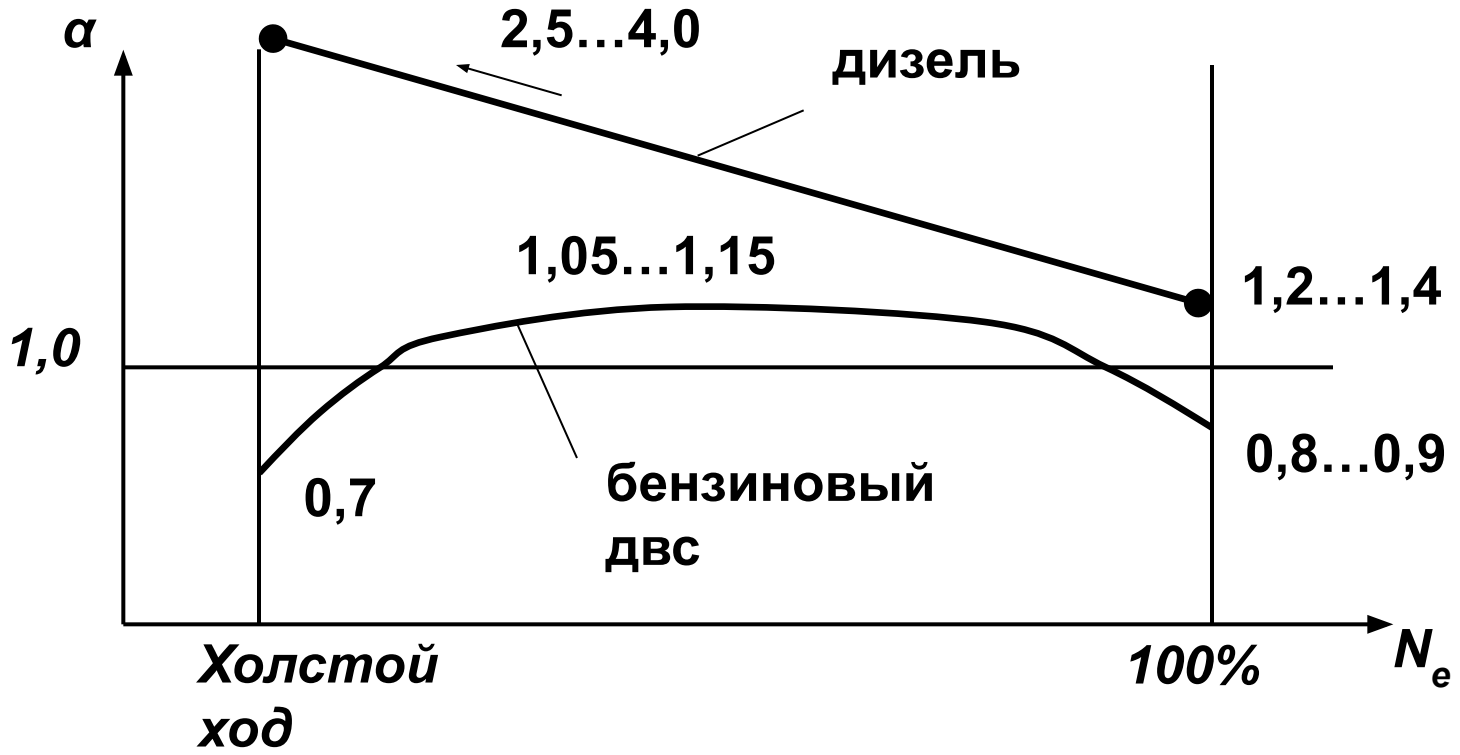
- **бедная - α›1,15;**
- **обедненная – α=1,15…1;**
- **нормальная – α=1;**
- **обогащенная – α=1…0,85;**
- **богатая – α<0,85;**

Требования к смеси: **однородность состава, равномерная испаренность, точная дозировка.**

[3-2]

№	Способы смесеобразования	Типы двс	ε	α (номинальный режим)
1	Карбюрация	бензиновый	5…11	0,80…0,90
		форкамерный	6…12	1,5…1,6 (о.к.) 0,6…0,7(ф.к.)
2	Впрыск легкого топлива	инжекторный	8…12	0,85…1,30
3	Смешивание газов	газовый	8…12	0,90…1,10
4	Впрыск тяжелого топлива: - объемное; - объемно-пленочное - пленочное	дизель без наддува	15…22	1,45…1,80
		дизель с наддувом	12…16	1,35…2,00
5	Смешанное	бензино-дизельный	12…15	0,95…1,20
		газо-дизельный	12…15	1,00…1,25

Изменение *α* от нагрузочного режима работы двс

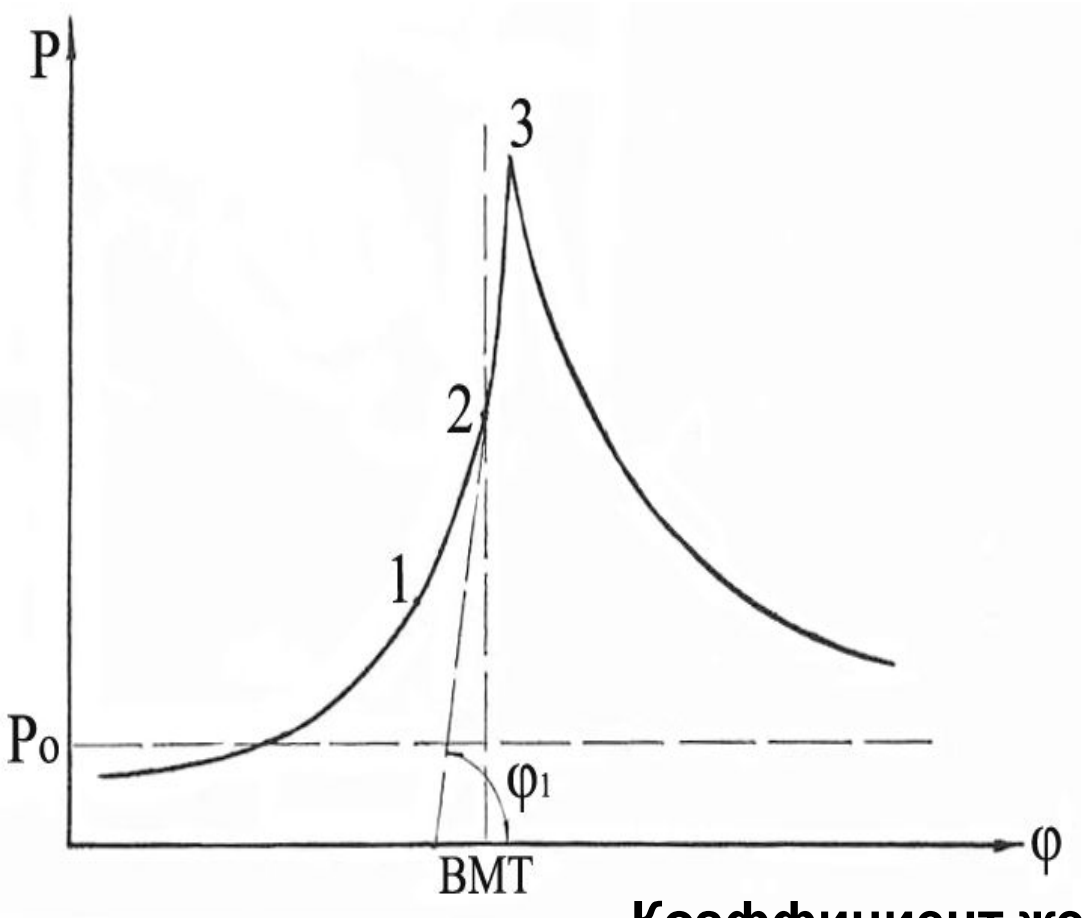


<u>Способы регулирования *α* и режимов работы:</u>

- **двс с впрыском топлива – качественное, т.е. изменение качества смеси впрыском различного количества топлива в одинаковый объем воздуха;**
- **двс карбюраторный и газовый – количественный, т.е. подача определенного количества смеси, соответствующего режиму работы по составу**

[3-4]

Диаграмма процесса сгорания в двс с принудительным воспламенением



1 – воспламенение смеси (опережение подачи искры);

1…2 – период скрытого горения;

2…3 – период видимого горения.

Оптимальный угол опережения зажигания ($\Theta_{опт}$) обеспечивается совпадением т. 2 и ВМТ поршня

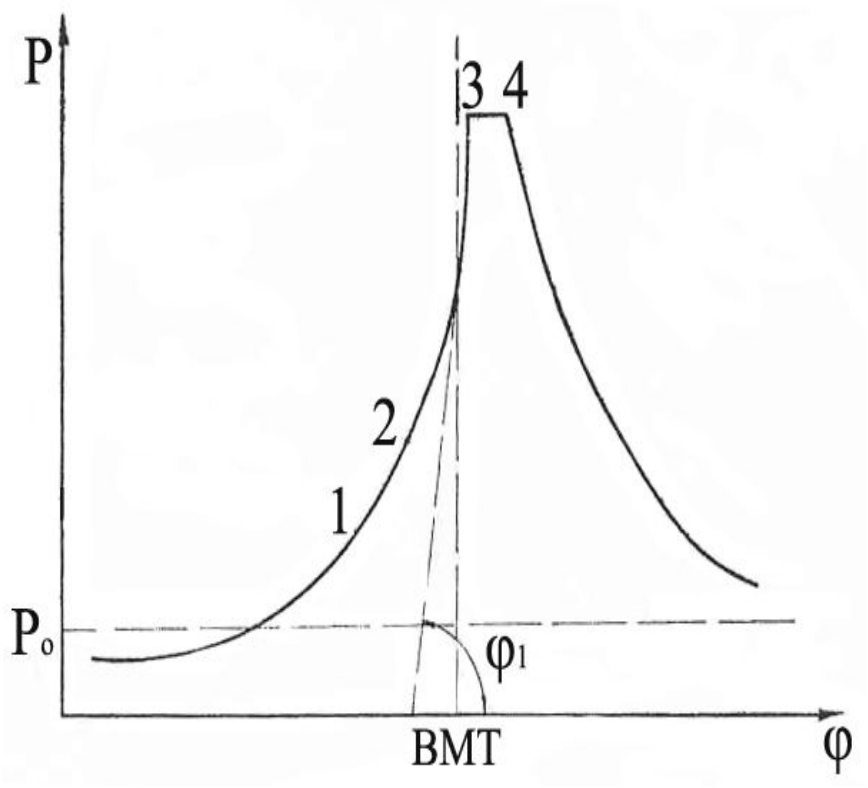
Коэффициент жесткости работы двс:

$$\psi = \frac{\Delta P}{\Delta \varphi} = tg\varphi_1, \qquad (3 - 2)$$

Бензиновые и газовые двс – ψ = 0,11…0,12 МПа/град

[3-5]

Диаграмма процесса сгорания в двс с самовоспламенением



1 – впрыск топлива (опережение впрыска);

1…2 – период скрытого горения (подготовка топлива к самовоспламенению и сгоранию);

2…3 – период видимого горения с интенсивным повышением давления;

3…4 – период видимого горения при постоянном давлении (непосредственно на выходе из сопла форсунки);

Угол опережения впрыска оптимальный (*Θопт*) при совпадении точек 2 и ВМТ .

Дизель работает жестко при $\psi \geq 0{,}4$ МПа/град

[3-6]

Токсичность продуктов сгорания.

Наиболее опасные компоненты:

Окислы азота *(NO_x)*, сажа *(C)*, альдегиды *(RCHO)*, окислы углерода *(CO)*, углеводороды *(C_xH_y)*, бензапирен *($C_{20}H_{12}$)*, окислы серы *(SO_x)*, аммиак *(NH_3)*,окислы свинца.

Относительное содержание (%) токсичных веществ (*ТВ*)

<table>
<tr><th colspan="4">Дизели</th></tr>
<tr><th>CO</th><th>C_xH_y</th><th>NO_x</th><th>C</th></tr>
<tr><td>22%</td><td rowspan="2">30%</td><td rowspan="2">52%</td><td rowspan="3">78%</td></tr>
<tr><td rowspan="3">78%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">70%</td><td rowspan="2">48%</td></tr>
<tr><td></td><td>22%</td></tr>
<tr><th colspan="4">Бензиновые двс</th></tr>
</table>

Бензин:1кг→300...310г ТВ (*CO* – 225 г, NO_x – 55 г, *C* – 1...1,5 г).

Диз. топливо: 1кг→80…100г ТВ (*CO* – 20…30г, *NOx* – 20…40 г, C_xH_y – 4…10г, SO_x – 10…30г, *RCHO* - 0,8…1,0, *C* – 3…5 г).

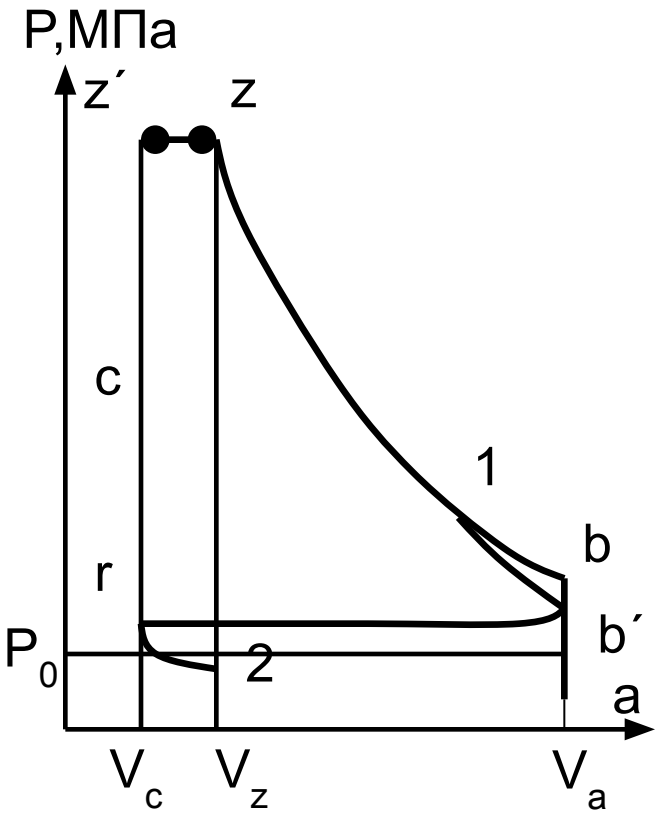
[3-11]

Нормы выброса токсичных веществ (г/кВт ч)

Параметры газов	Евро-0 1988	Евро-1 1992-1993	Евро-2 1996-1997	Евро-3 2000-2001	Евро-4 2005-2006	Евро-5 2008-2009
Окислы азота *(NO_x)*	12,3	8	7	5,0	3,5	2,0
Окислы углерода *(CO)*	5,8	4,5	4,0	2,1	1,5	1,5
Углеводороды *(C_xH_y)*	2,6	1,1	1,1	0,7	0,5	0,5
Твердые частицы	-	0,36	0,15	0,1	0,02	0,02

<u>Меры по снижению токсичности и дымности двс:</u>

- **совершенствование смесеобразования и сгорания;**
- **правильная регулировка всех систем двс;**
- **рециркуляция отработавших газов;**
- **применение присадок к топливу;**
- **применение газового и альтернативных топлив;** [3-12]
- **нейтрализация газов термическими и каталитическими системами.**



Процесс выпуска:

1 - b' – опережение выпуска (40…80 град до НМТ);

b' – r – основой выпуск;

r– 2 – запаздывание закрытия выпускного клапана (15…60 град после ВМТ).

Влияние факторов:

- частота вращения;
- сопротивление в выпускном тракте;
- наличие наддува;
- фазы газораспределения;
- точность регулировок и т.д.

затрудняет аналитический расчет P_r и T_r .

Принятые при анализе процесса впуска значения P_r и T_r проверяются по формуле Е.К. Мазинга с учетом расчетных значений P_b и T_b.

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{P_b / P_r}} \quad (5 - 4)$$

Допустимое отклонение $\Delta T_r \leq 15\%$

[5-4]