

Тема 5. Процесс сжатия

Задачи процесса сжатия:

- расширение температурных пределов рабочего цикла;
- создание условий, необходимых для воспламенения и сгорания горючей смеси. Эти условия обеспечивают эффективное преобразование теплоты в полезную работу.



Эффективность данного процесса определяется степенью сжатия

Ориентировочные пределы степеней сжатия для двигателей различных типов:

Карбюраторные двигатели	6,5—11,0
Газовые двигатели	6—10
Дизели без наддува	15—22
Дизели с наддувом	11—16



Действительный процесс сжатия отличается от такового в обратимых термодинамических циклах наличием утечек рабочего тела и изменением его состава в результате испарения и окисления топлива и масла, а также наличием теплообмена со стенками

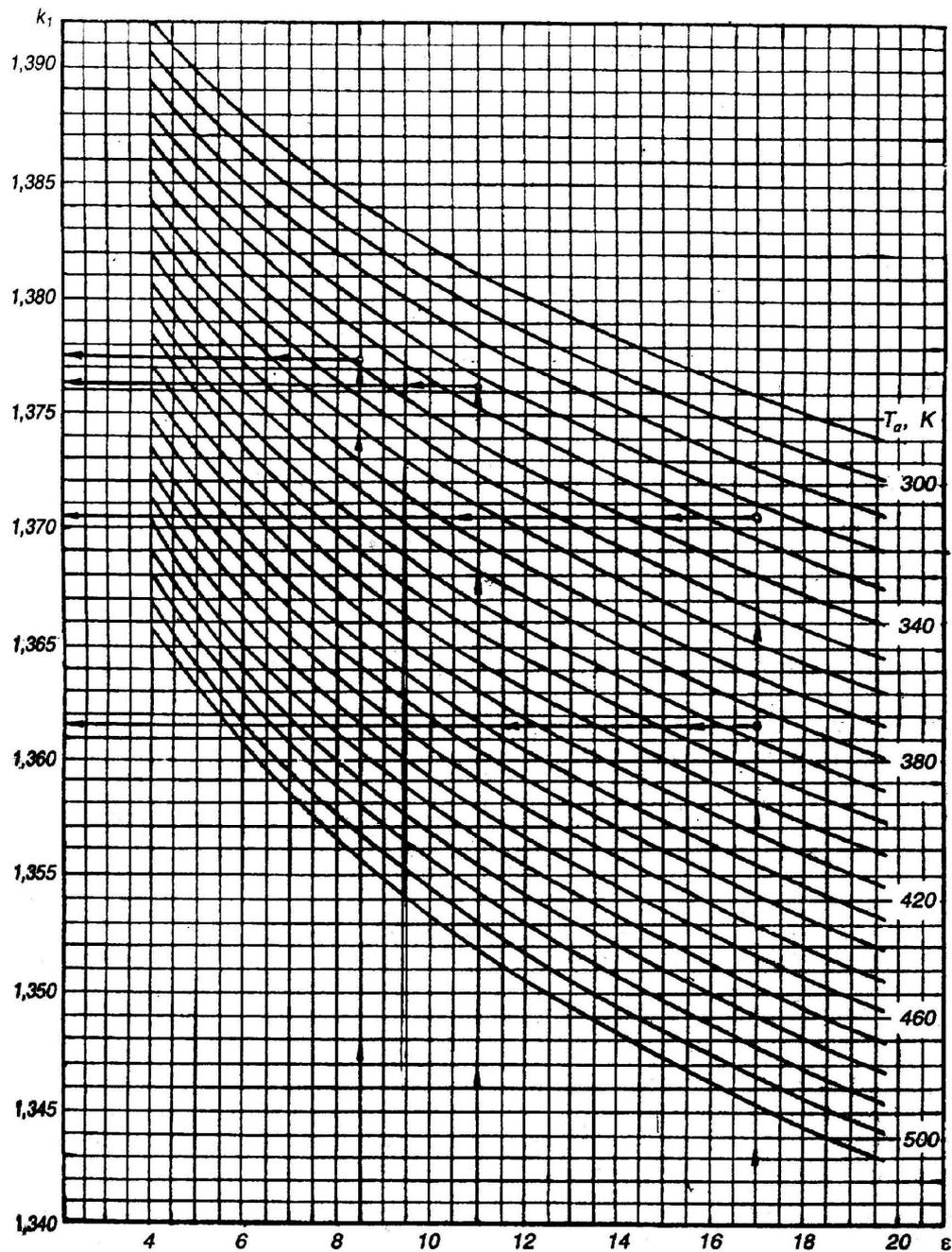
Давление (МПа) и температура (К) в конце процесса сжатия определяются из уравнения политропы с постоянным показателем:

$$p_c = p_a \varepsilon^{n_1};$$

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}.$$

где n_1 показатель политропы

Номограмма для
определения показателя
адиабаты сжатия



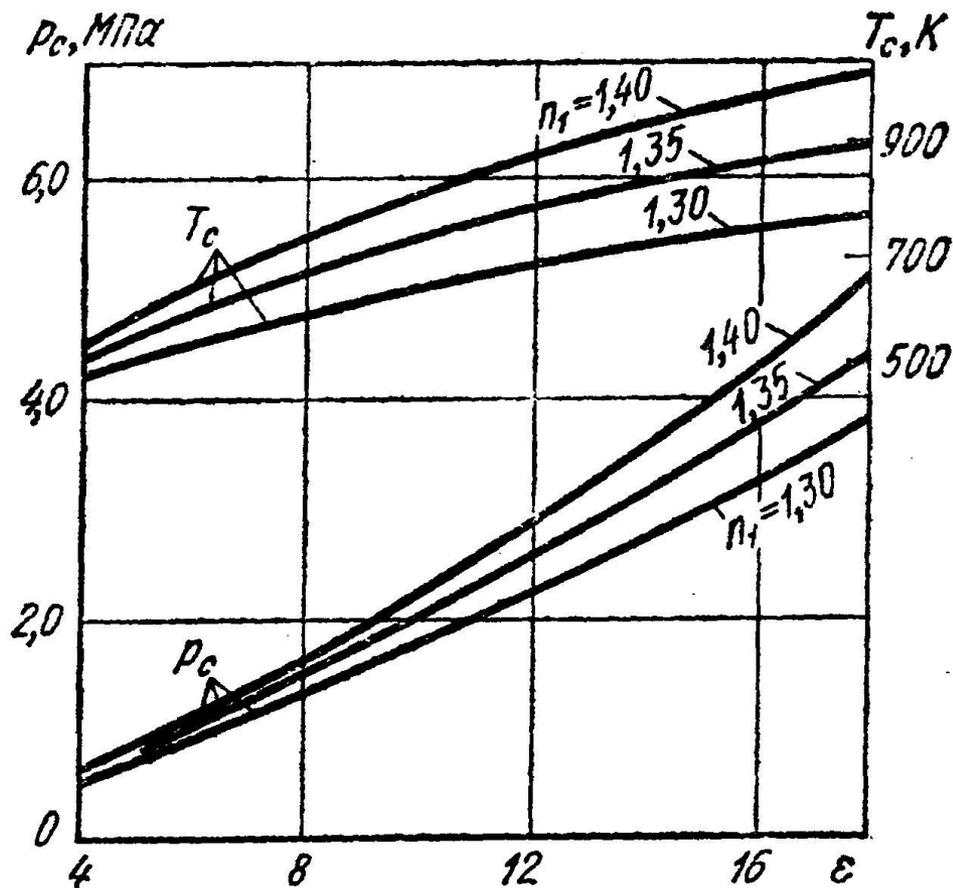
Влияние различных факторов на показатель адиабаты сжатия:

- * При одинаковой степени сжатия и температуре начала сжатия значение η_c для бензиновых двигателей обычно ниже, чем для дизелей. Причина – испарение топлива.
- * Увеличение частоты вращения приводит к увеличению показателя адиабаты. Причина – время на процесс теплообмена со стенками уменьшается.
- * Уменьшение отношения поверхности охлаждения к объему цилиндра приводит к увеличению показателя адиабаты.
- * Повышение средней температуры процесса сжатия ведет к снижению показателя адиабаты.
- * Увеличение интенсивности охлаждения ведет к снижению показателя адиабаты.



Вопрос. Показатель адиабаты выше у какого двигателя: с водяным охлаждением или воздушным?

Зависимость давления и температуры конца сжатия от степени сжатия при различных значениях показателя политропы



РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ТЕЛА В КОНЦЕ СЖАТИЯ

Двигатели	n_1	p_c , МПа	T_c , К
С принудительным воспламенением жидкого топлива и охлаждением:	жидкостным	1,5—3,5	550—750
	воздушным	2,2—2,0	600—800
	Газовые	1,2—2,0	650—750
Дизели:			
без наддува с неохлаждаемыми поршнями	1,35—1,42	3,0—5,0	800—950
с наддувом и с охлаждаемыми поршнями	1,32—1,37	5,5—9,0 (и более)	700—1100

Тема 6. Процессы смесеобразования и сгорания

Образование горючих смесей



Однородной называют смесь, в которой около каждой молекулы топлива расположено одинаковое количество молекул кислорода, азота и других компонентов.



Смесь, состоящая из компонентов, находящихся в разных агрегатных состояниях (газ+капли+пленка) всегда неоднородна и ее называют двухфазной или гетерогенной.

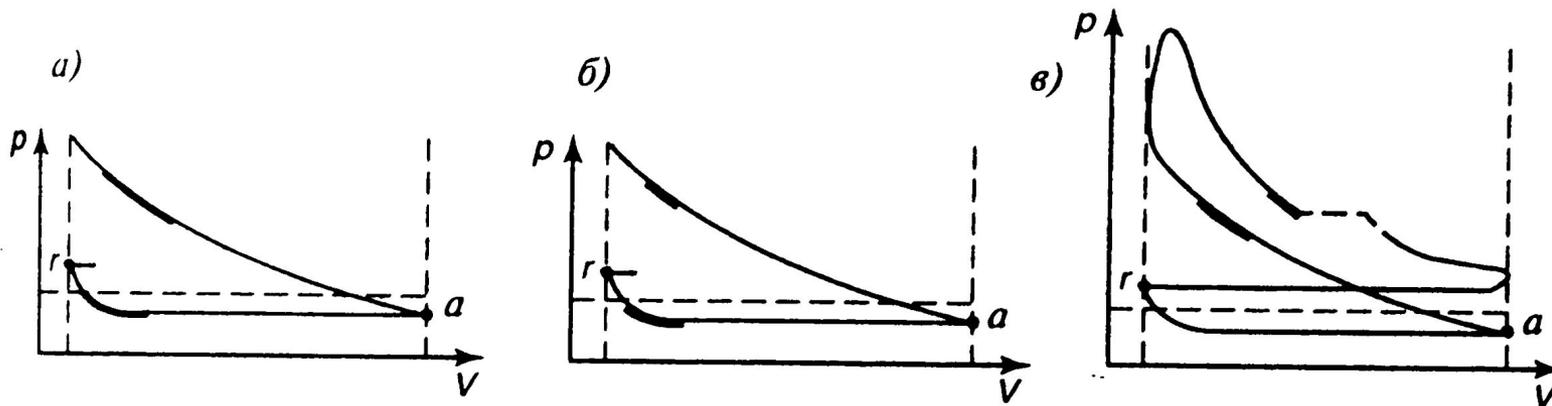
Способы интенсификации процесса смесеобразования:

- повышением температуры компонентов;**
- увеличением поверхностей смешивания;**
- организацией турбулентной диффузии.**



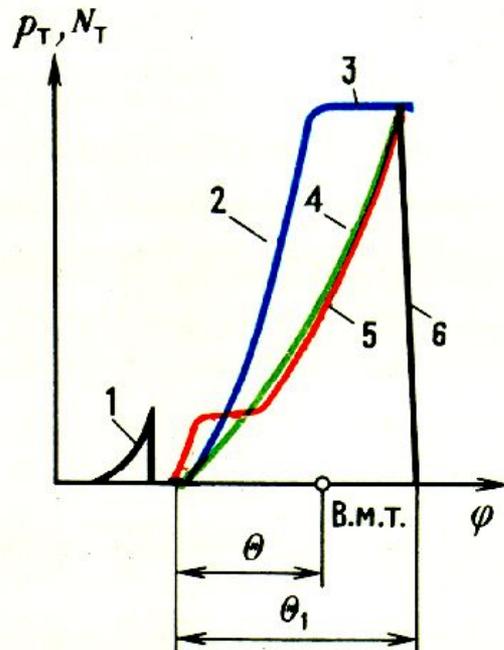
Подогрев газообразного топлива и воздуха при смесеобразовании не применяется, так как он снижает наполнение цилиндров и может вызвать детонационное сгорание.

Схемы двухстадийного впрыскивания бензина



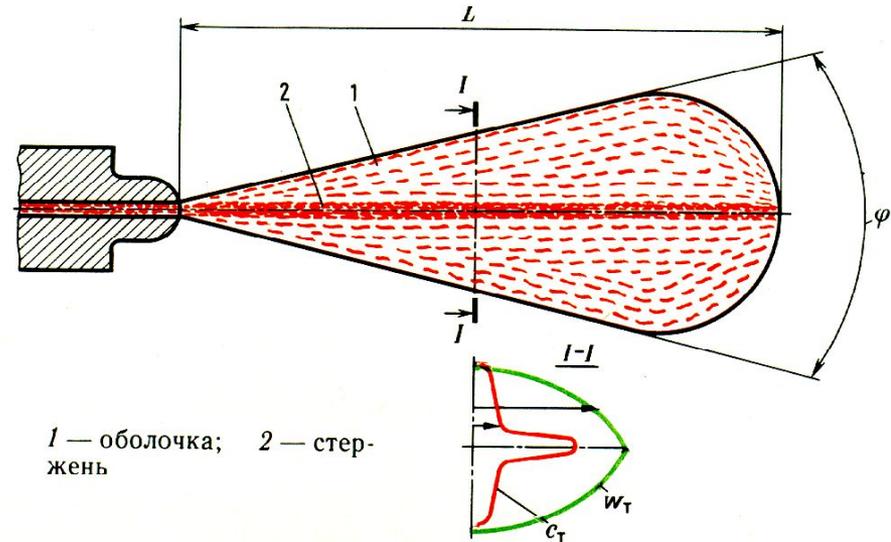
a — средняя нагрузка (улучшение воспламенения); ***б*** — полная нагрузка (предотвращение детонации); ***в*** — режим прогрева (прогрев нейтрализатора); — — давление; — — впрыскивание бензина

**Зависимость давления
впрыска топлива от угла
поворота коленчатого вала**



1 — впрыск запальной дозы топлива при двухфазном впрыске; 2 и 4 — впрыск с непрерывно возрастающим давлением; 3 — участок впрыска с постоянным давлением; 5 — ступенчатый впрыск; 6 — конечный участок впрыска

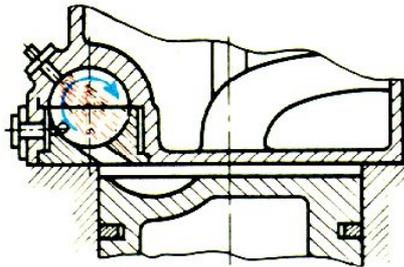
**Схема строения факела распыливаемого топлива при
впрыске бесштифтовой форсункой**



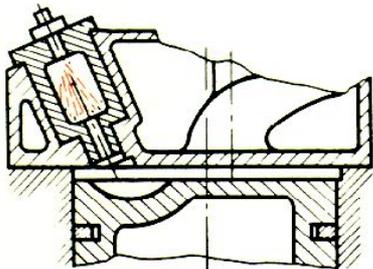
1 — оболочка; 2 — стержень

!
Применение непосредственного впрыска облегчает пуск двигателей, снижает расход топлива (до 10% в четырехтактных и до 25% в двухтактных двигателях), повышает мощность на 6—10% и снижает токсичность отработавших газов.

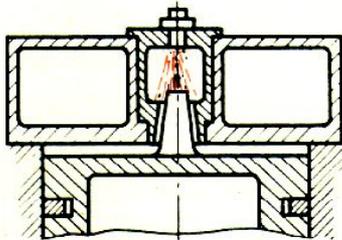
Основные типы разделенных камер



а)



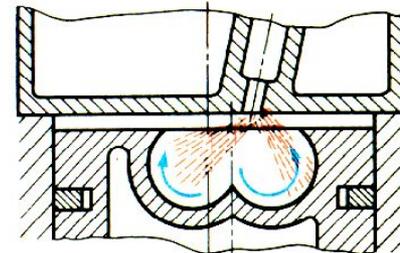
б)



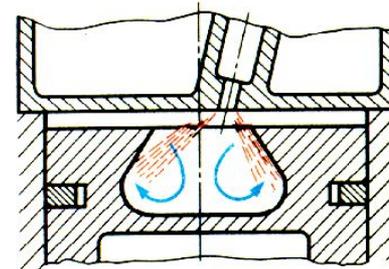
в)

а — вихревая; *б* — предкамера; *в* — предкамера с вытеснителем на поршне

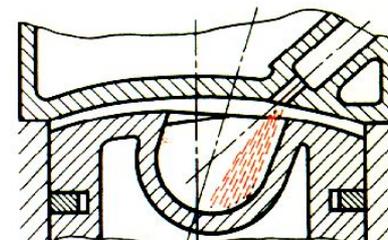
Основные формы полуразделенных камер



а)



б)



в)

а — торообразная (Татра); *б* — коническая (ЦНИДИ); *в* — несимметричная (Дейтц)

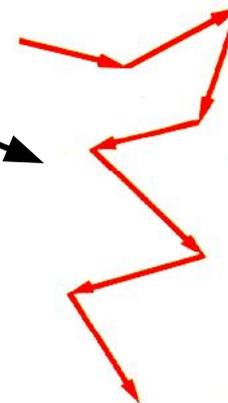
Процессы воспламенения и горения



Для начала горения необходима первоначальная затрата энергии, роль которой выполняет теплота сжатого заряда или энергия электрического разряда.

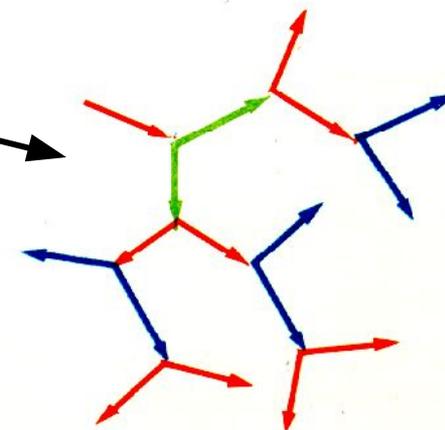
Промежуточными продуктами сгорания являются – свободные радикалы ОН

Неразветвленные



а)

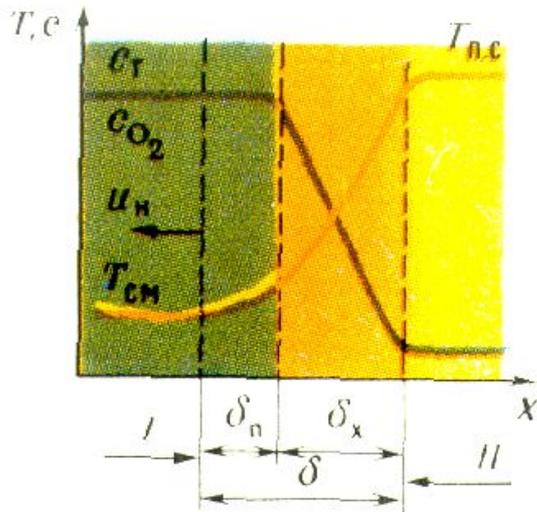
Разветвленные



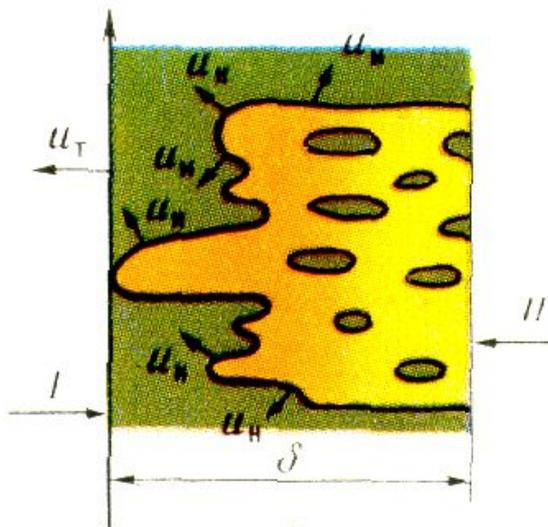
б)

Схема цепных реакций окисления

Схема перемещения фронта пламени при турбулентности:



а)



б)

а – мелкомасштабной;

б – крупномасштабной;

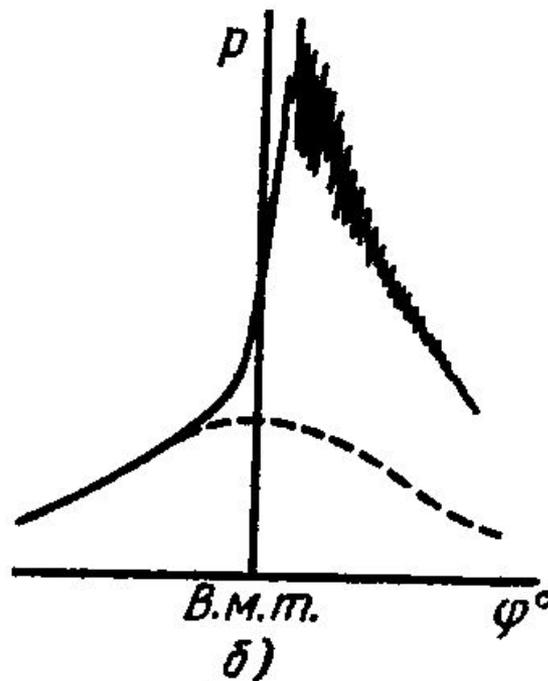
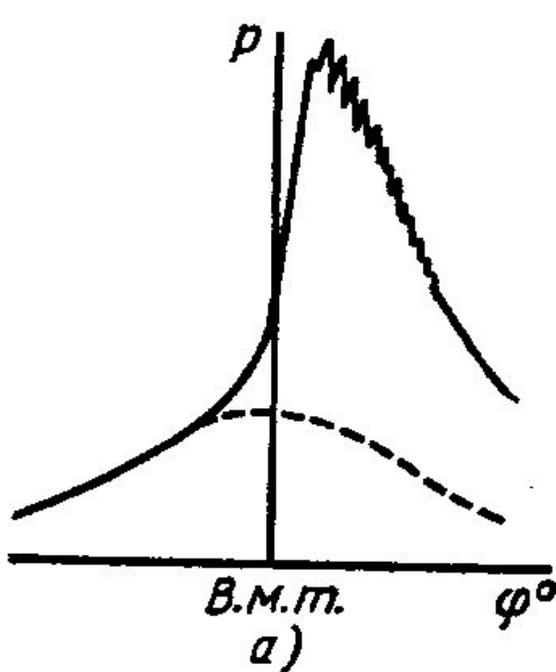
I – горючая смесь;

II – продукты сгорания

Типичные индикаторные диаграммы двигателя с искровым зажиганием при работе с детонацией

а) слабой;

б) сильной

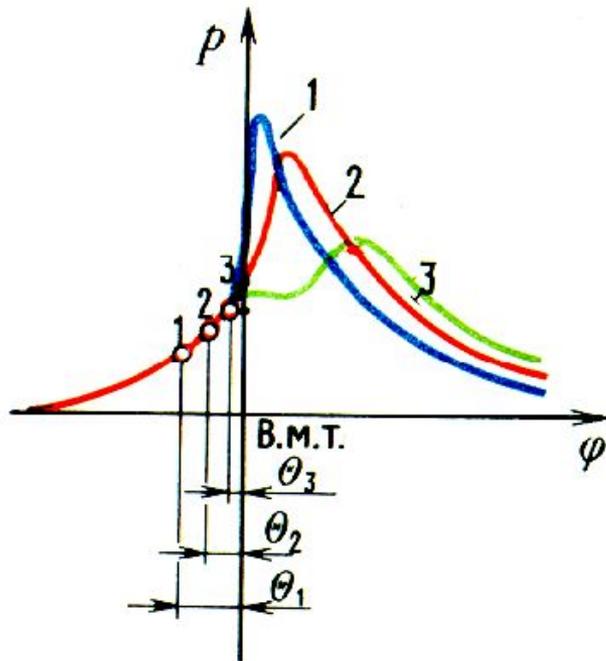


Природа детонации – самовоспламенение последней части заряда, до которой фронт пламени от свечи доходит в последнюю очередь



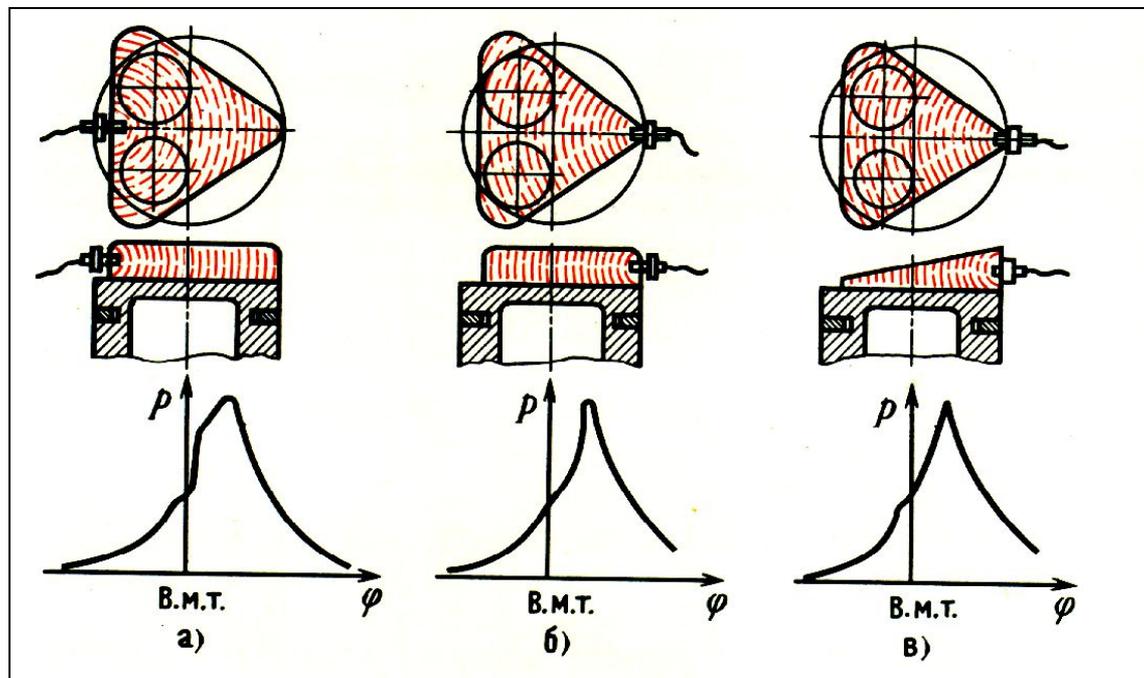
Методы организации процесса сгорания

Диаграммы давлений при
различных углах опережения
зажигания топлива



!
Внезапно появившиеся
признаки ухудшения сго-
рания являются следстви-
ем нарушений в подаче
топлива.

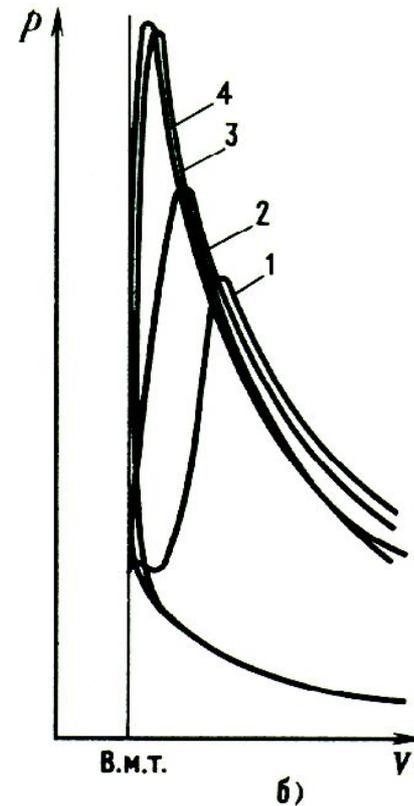
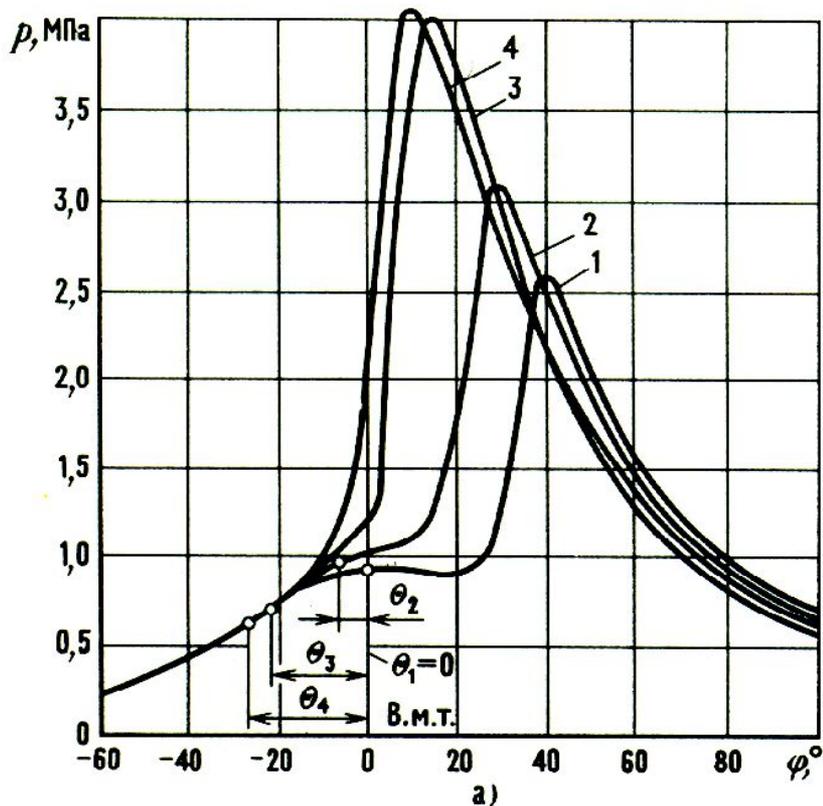
Схемы камер сгорания, позволяющих регулировать
скорость сгорания изменением площади фронта
пламени



Оценка процесса сгорания по индикаторной диаграмме

Фрагменты индикаторных диаграмм двигателя с принудительным воспламенением при различных значениях угла опережения зажигания θ :

a — φp — диаграмма; *б* — Vp — диаграмма; 1 — $\theta_1 = 0^\circ$; 2 — $\theta_2 = 7^\circ$; 3 — $\theta_3 = 22^\circ$; 4 — $\theta_4 = 27^\circ$



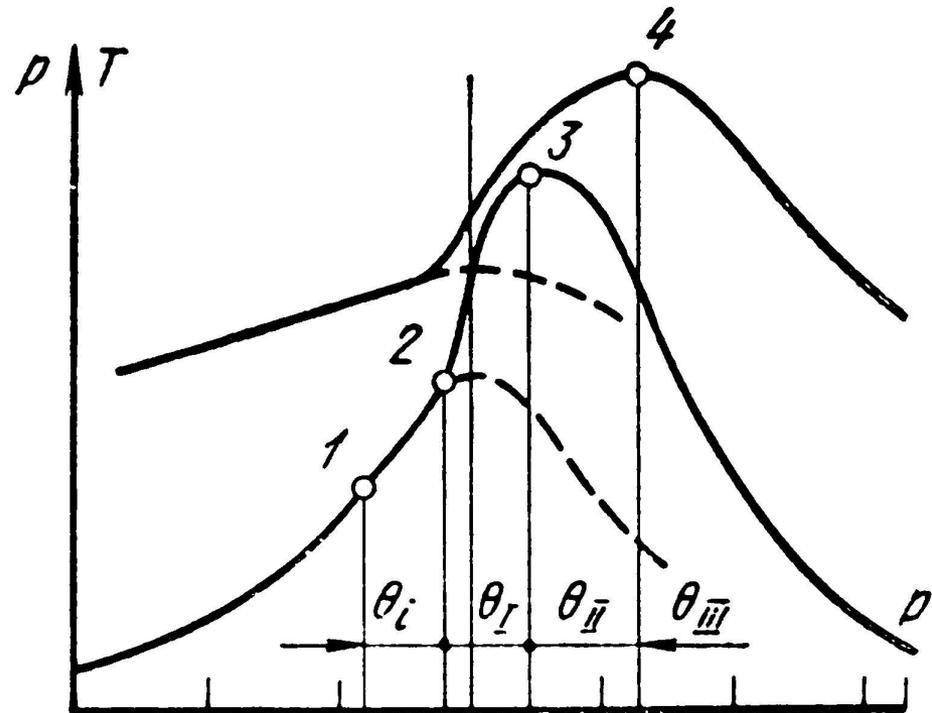
Основные этапы процесса сгорания в дизельном двигателе

θ_i – период задержки воспламенения (индукции);

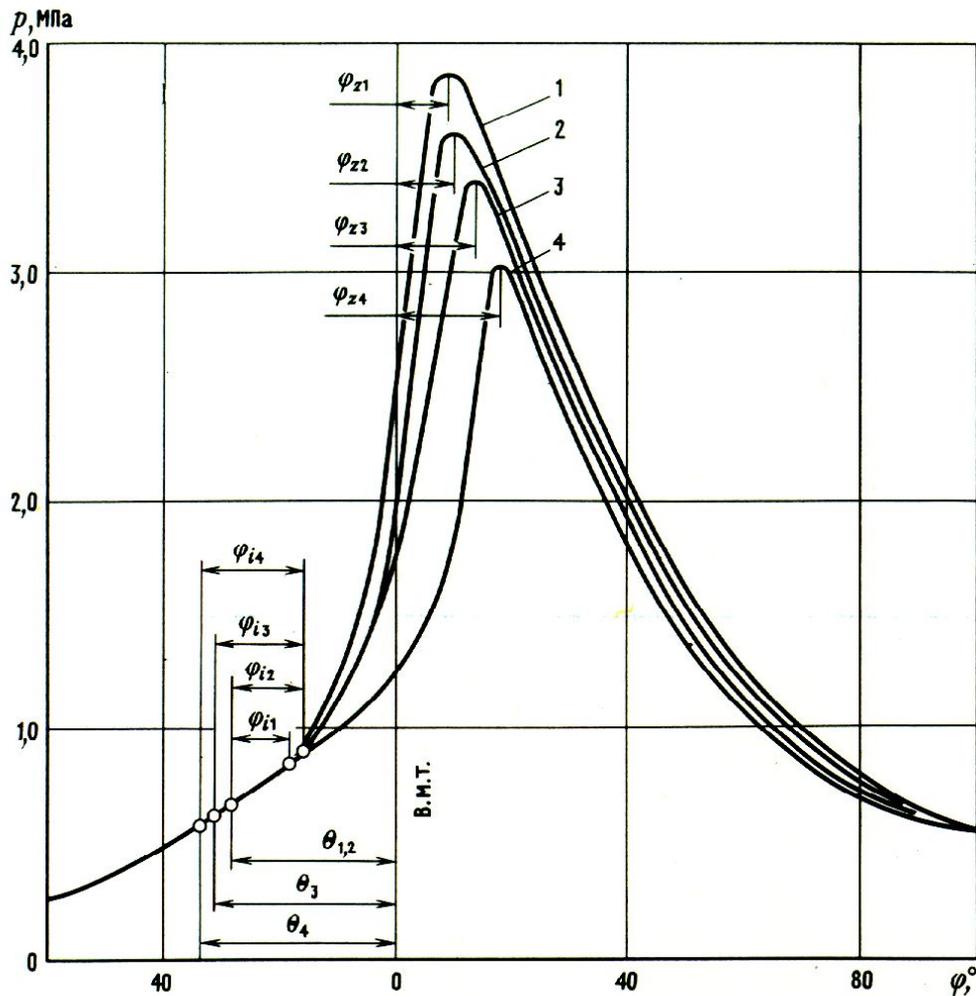
θ_I – период быстрого сгорания;

θ_{II} – период замедленного сгорания;

θ_{III} – период догорания



Влияние отдельных факторов на процесс сгорания в дизеле



Индикаторные диаграммы двигателя с принудительным воспламенением при работе на смесях, отличающихся избытком воздуха:

1 — $\alpha = 0,84$; 2 — $\alpha = 0,65$; 3 — $\alpha = 1,0$; 4 — $\alpha = 1,18$



Мощность и КПД дизеля достигают наибольшей величины, если положение максимума давления в цилиндре (на индикаторной диаграмме) соответствует углу поворота кривошипа на 10—15° после в.м.т.

Расчет процесса сгорания в ДВС:

Модели
первого уровня

Расчет процесса сгорания методом
Гриневецкого – Мазинга. (1910-1930 г. –
МГТУ им. Баумана)

Модели второго
уровня

Расчет процесса сгорания методом
Вибе. (1960-1965 г. – Челябинск)

Современные
модели

Расчет процесса сгорания с учетом
турбулентного химического
теплообмена. (1990-2005 г.)

Расчет процесса сгорания методом Гриневецкого – Мазинга. (1910-1930 г. – МГТУ им. Баумана)

Первый закон термодинамики:

$$Q_{cz} = U_z - U_c + L_{cz},$$

Уравнение Клайперона-Менделеева:

$$p_z V_z = R_{\mu} M_z T_z.$$

Действительную сложную зависимость характеристики подвода (использования) теплоты заменяют при расчете подводом теплоты в элементарных процессах – изохорном и изобарном



В результате расчета определяются: температура цикла T_z , давление цикла P_z и степень предварительного расширения.

Расчет процесса сгорания методом Вибе. (1960-1965 г. – Челябинск)

Изменение внутренней энергии

$$dU = dQ_{\text{исп}} - pdV.$$

Подведенная к рабочему телу
теплота

Произведенная работа

С внедрением в инженерную практику ЭВМ наряду с методом Гриневецкого – Мазинга находят применение методы расчета процесса сгорания, основанные на численном решении дифференциального уравнения первого закона термодинамики

Теплоотдача в стенке

$$dQ_w = \alpha (T - T_{ст}) F_{ст} dt.$$

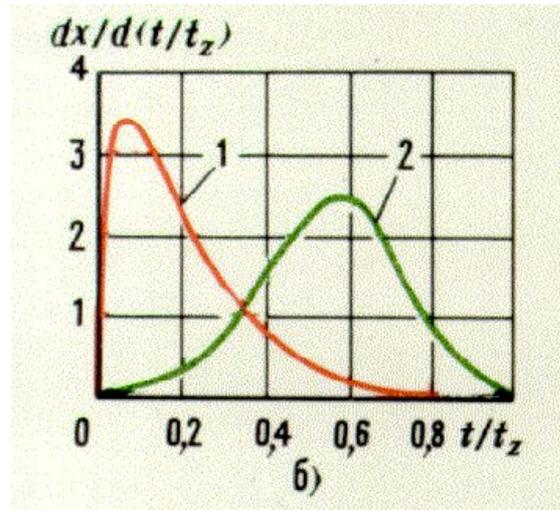
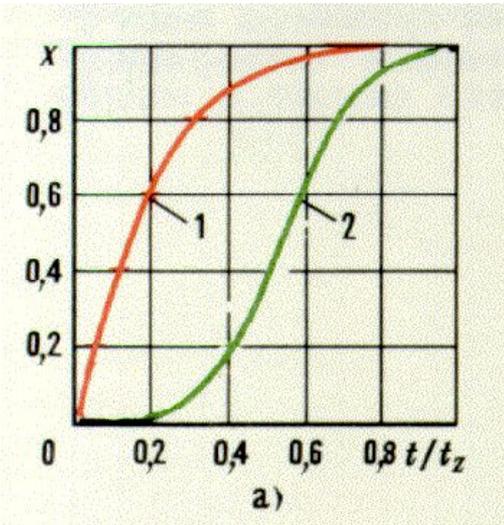
$$dQ_{исп} = dQ_{выд} - dQ_w.$$

Выделившаяся при сгорании
теплота

$$dQ_{выд} = \chi H_u dg_T.$$

Расчет процесса сгорания методом Вибе И.И.

$$x = 1 - \exp \ln (1 - x_z) (t/t_z)^{m+1} .$$



Характеристики тепловыделения в безразмерных координатах:

a – относительная характеристика тепловыделения; *b* – относительная скорость тепловыделения; 1- для дизеля; 2 – для карбюраторного двигателя

!

В уравнении характеристики тепловыделения должны быть заданы три величины, имеющие значения параметров процесса сгорания: продолжительность сгорания φ_z , доля сгоревшего топлива x_z за время сгорания t_z и показатель характера сгорания m .

Расчет процесса сгорания с учетом турбулентного химического теплообмена.

С учетом трехмерной геометрии формы камеры сгорания и поршня определяются:

- скорость и полнота сгорания рабочей смеси;**
- поля давлений и температур;**
- поля концентраций вредных веществ: CO, CH, NO_x и др.**