



Топливо и его использование

**Лекция 9. Воспламенение (зажигание)
газовых смесей.**

- Зажигание смесей отличается от самовоспламенения тем, что смесь доводят до воспламенения не во всем объеме одновременно, а только в малой части объема, откуда волна реакции может распространиться на весь объем.
- Задачи устойчивого зажигания (стабилизации фронта пламени) важны в связи с разработкой форсированных двигателей внутреннего сгорания (ДВС), камер сгорания газовых турбин и топочных устройств *парогенераторов*.
- Задача о зажигании смеси, находящейся в закрытом плоскопараллельном сосуде, от горячей стенки была рассмотрена Я.Б.Зельдовичем.

Распределение температуры в горючей смеси при зажигании от **горячей стенки** (по Я.Б.Зельдовичу)

1 – низкая температура горячей стенки: реакция отсутствует, у стенки

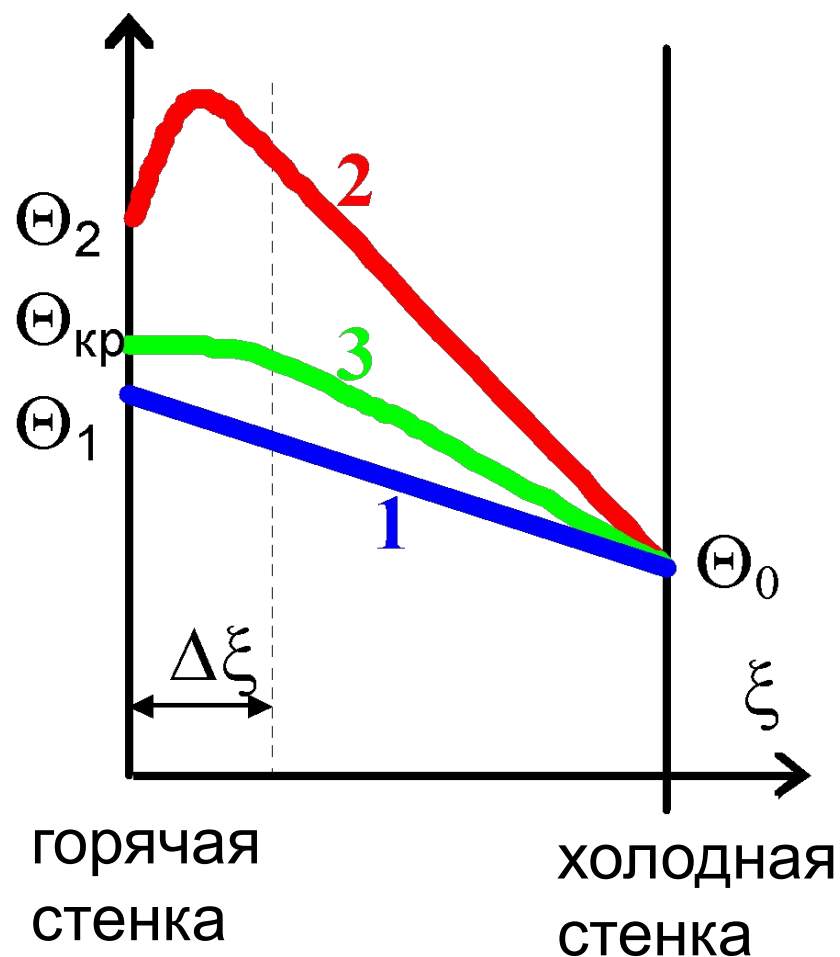
$$d\Theta / d\xi < 0$$

2 – зажигание: выделение тепла в реакции больше, чем его отвод

$$d\Theta / d\xi > 0$$

3 – критическая температура стенки

$$d\Theta / d\xi = 0$$



При *критических условиях* химический процесс больше не нуждается в подводе теплоты, так как вся теплота q_1 , отводимая смесью к холодной стенке полностью восполняется теплотой q_2 , выделяющейся в результате химической реакции в слое $\Delta\xi$, прилегающем к нагретой стенке.

Следовательно, за условие зажигания, так же как и при тепловом самовоспламенении, принято **равенство выделяющейся и отводимой теплоты.**

Из рассмотренной схемы следует, что роль нагретого тела (или газов) сводится к созданию в слое топливно-воздушной смеси такой температуры, при которой количество теплоты, выделяющейся в результате реакции, больше, чем ее отводится из зоны зажигания.

Температура, при которой выполняется это условие, называется **температурой зажигания**, численно она выше температуры самовоспламенения.

При зажигании импульсными источниками, например, электрической искрой, появляется и **второе критическое условие** – **время действия источника**.

При превышении скорости тепловыделения в результате реакции над скоростью теплоотвода скорость процесса горения вначале может быть малой, а процесс – незаметным.

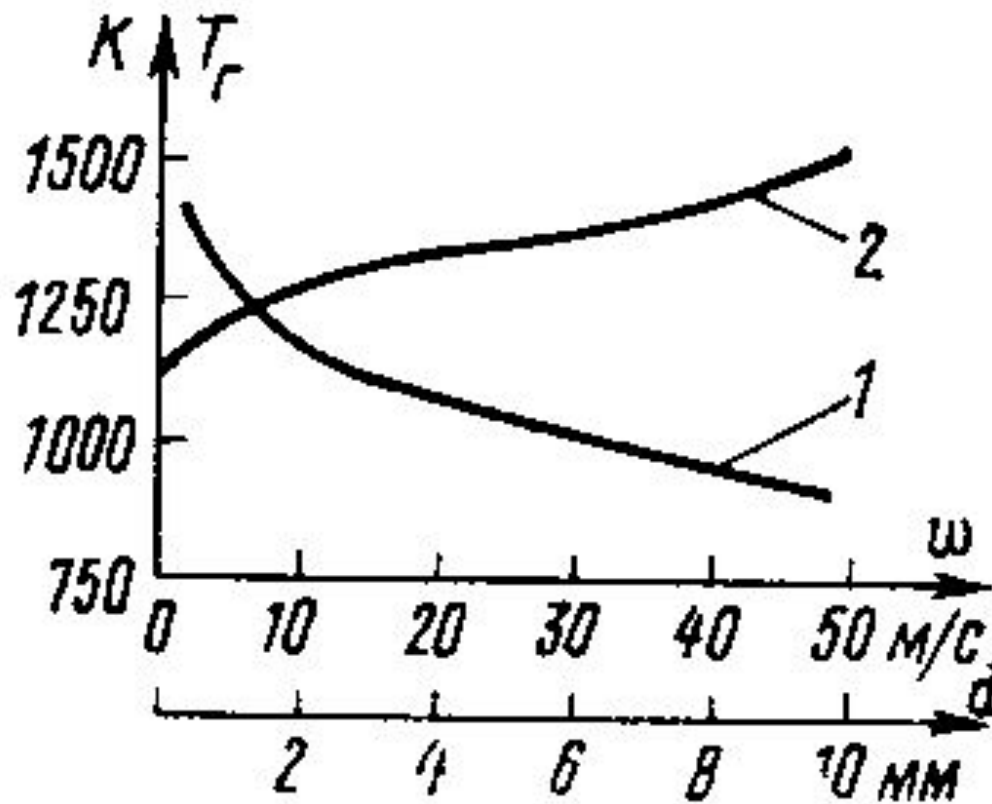
$$Q_p - Q_T = \rho c_v \frac{dT}{dt}$$

Однако, начиная с некоторого момента времени, горение становится заметным – смесь воспламеняется. Время скрытого процесса от его начала (момент смешения реагентов или впуска смеси в реакционную камеру) до проявления внешних эффектов называется **периодом (временем) индукции**.

- При воздействии искры на горючую смесь в течение времени, меньшего *периода индукции*, самовоспламенения может не произойти.
- Для устойчивого зажигания необходимо увеличить либо время воздействия, либо температуру (мощность) источника зажигания, что равносильно уменьшению *периода индукции*.

Зажигание зависит от свойств тела-"**зажигалки**" (его температуры, размеров) и свойств газовой смеси (кинетических констант горения, теплофизических свойств, скорости обтекания источника и др.)

Температура
зажигания тем
меньше, чем ниже
 скорость потока смеси
 (кривая 2) и чем
 больше диаметр тела
 (кривая 1), что
 равносильно
увеличению времени
контакта между
 зажигалкой и горючей
 смесью.



Чем **меньше** скорость потока и чем **больше** диаметр накаливаемого тела, тем при меньших **концентрациях горючего** возможно зажигание.

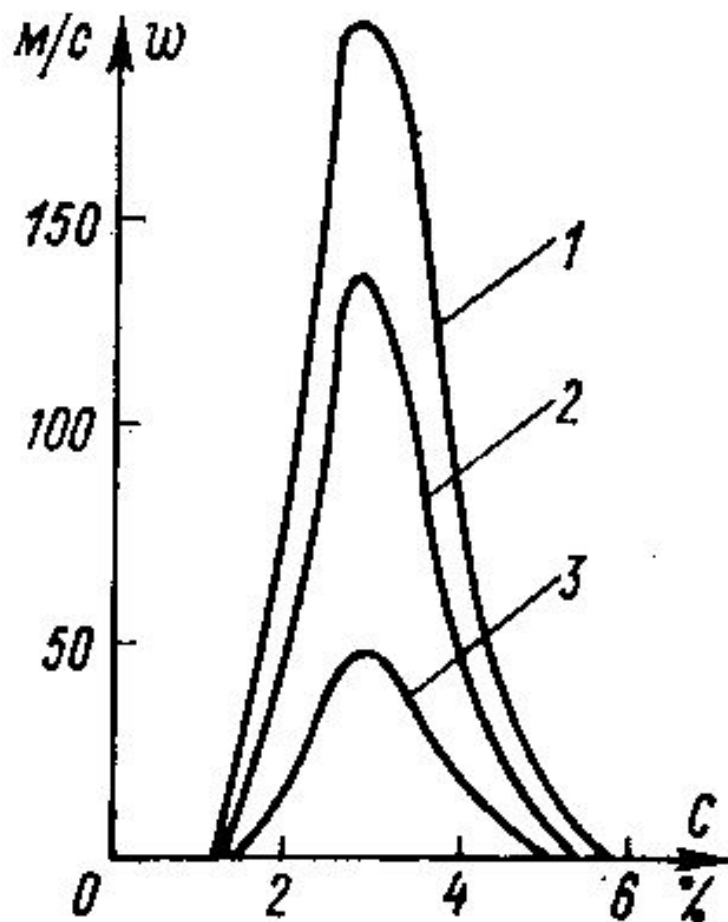


Рис. 6-10. Зависимость концентрационных пределов зажигания пентана от скорости потока и диаметра тела
1 — $d=5$ мм; 2 — $d=3$ мм;
3 — $d=1$ мм

За пределами кривых зажигание невозможно

Концентрационные пределы воспламенения

Существуют нижний и верхний пределы (границы) концентрации топлива в горючей смеси, **вне** которых воспламенение невозможно ни при каких условиях.

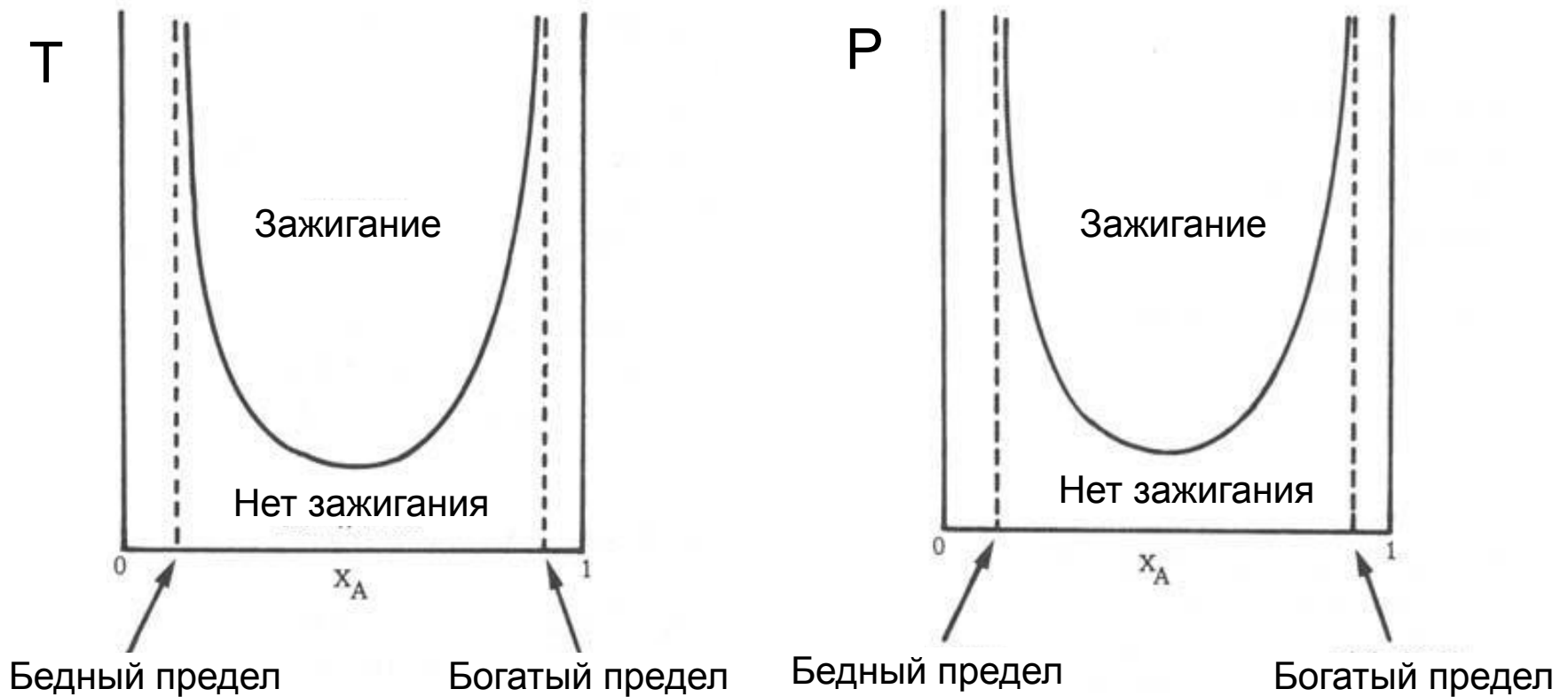
НИЖНИЙ предел: *при меньших концентрациях горючего газа* в смеси (бедная смесь) зажигание невозможно, т.к. количество тепла, выделяющегося при горении, недостаточно для доведения соседних слоёв смеси до температуры воспламенения.

ВЕРХНИЙ предел: *при больших концентрациях горючего газа* в смеси (богатая смесь) недостаток кислорода, идущего на горение, также ограничивает скорость реакции, что не позволяет довести соседние слои до нужной температуры.

Концентрационные пределы воспламенения

Газ	Нижний предел воспламенения		Верхний предел воспламенения	
	об. %	α	об. %	α
Водород	4,1	9,8	74,2	0,15
Оксид углерода	12,5	2,9	74,2	0,15
Метан	5,3	1,8	14,0	0,65
Этан	3,2	1,9	12,5	0,42
Пропан	2,4	1,7	9,5	0,40
Бутан	1,9	1,7	8,4	0,40
Этилен	3,0	2,2	29,0	0,17
Пропилен	2,0	2,2	11,1	0,37
Бутилен	1,7	2,0	9,0	0,35

Влияние температуры и давления на концентрационные пределы воспламенения смеси



С уменьшением температуры и давления верхний и нижний пределы концентрации топлива в смеси сближаются; при очень низких T и P воспламенение невозможно ни при каких условиях.

Стабилизация пламени в топках котлов

В топках котлов, камерах сгорания зажигание смеси (стабилизация пламени) осуществляется чаще всего **гидродинамическими методами** – при помощи формирования зон циркуляции раскалённых продуктов сгорания за установленными в потоке плохо обтекаемыми телами или путём закрутки потоков.

