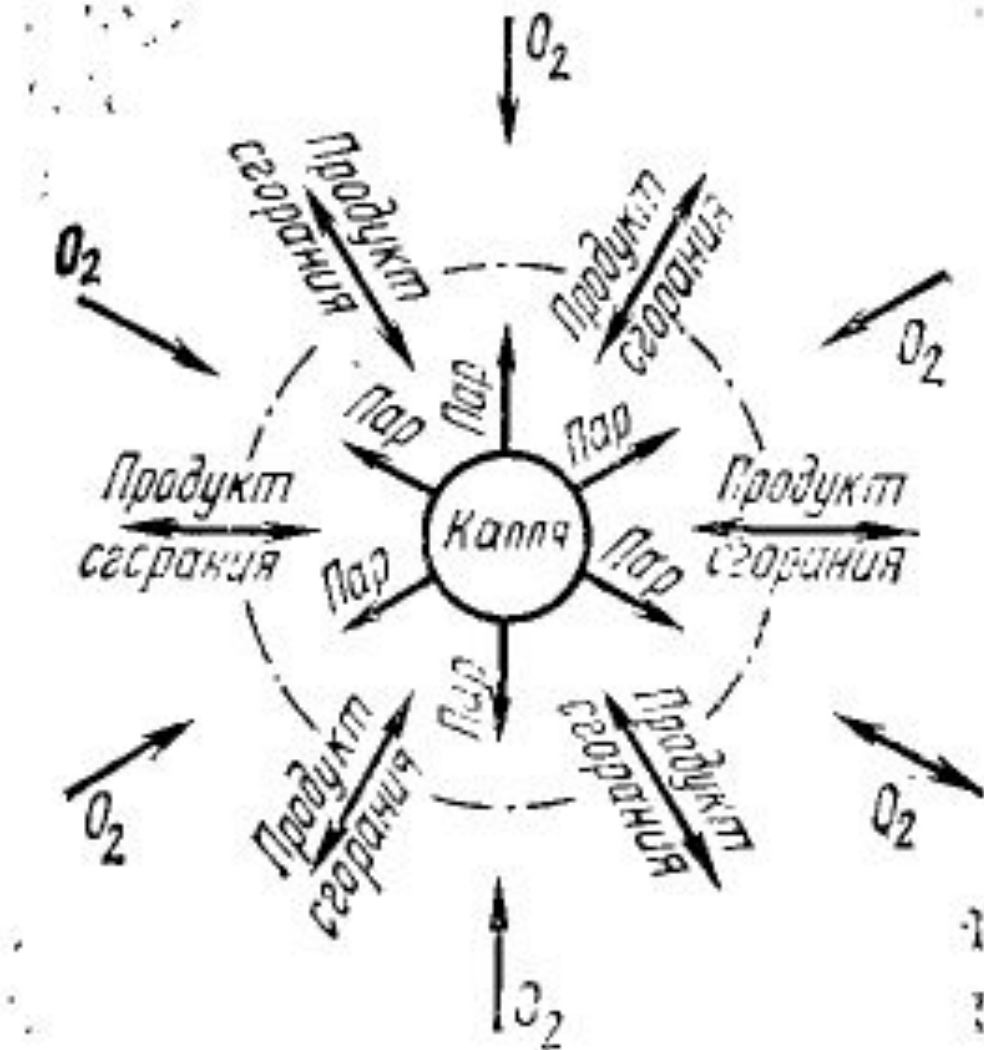


# Горение жидкого топлива

- Жидкое топливо в топочных устройствах сжигается в распыленном состоянии, *в виде капель в потоке воздуха.*
- Горение жидких топлив всегда происходит в паровой фазе, поэтому процессу горения капли всегда предшествует процесс испарения.
- В высокотемпературной среде капля жидкого топлива окружена некоторой зоной, насыщенной его парами, на внешней поверхности которой вокруг капли устанавливается сферическая зона горения.
- Скорость химической реакции смеси паров жидкого топлива с окислителем достаточно велика, так что *толщина зоны горения по отношению к диаметру зоны горения незначительна.*
- Толщина паровой зоны вокруг капли топлива зависит от температуры в зоне горения и от параметров испарения топлива: чем выше температура горения и чем ниже температура кипения топлива и теплота его испарения, тем выше толщина паровой зоны.

- В пространстве между зоной горения и каплей находятся пары топлива и некоторая часть продиффундировавших туда продуктов сгорания, а вне зоны горения — окислитель и продукты сгорания.
- Теплота, необходимая для испарения топлива, передается к поверхности капли из зоны горения в основном излучением и в результате частичной диффузии внутрь паровой оболочки продукты сгорания.



## Время горения капли жидкого топлива в диффузионном режиме

$$\tau = \rho [(T_k - T_0) c_T + \lambda_n] r_0 / q_L ,$$

- $\rho$ ,  $c_T$  и  $\lambda_n$  —соответственно плотность, кг/м<sup>3</sup>, средняя теплоемкость, кДж/(кг·К) и теплота испарения жидкого топлива, кДж/кг;
- $T_0$  и  $T_k$  — температуры, начальная и кипения жидкого топлива. К;
- $r_0$  — начальный радиус капли, м;
- $q_L$  — интенсивность излучения пламени на поверхность капли, кДж/(м<sup>2</sup>·с).

- Для обеспечения необходимой интенсивности испарения жидких топлив и их перемешивания с окислителем при вводе в зону горения они распыляются в потоке воздуха с образованием полидисперсного потока мелких капель размерами от 0 до 0,15—0,2 мм. Этим достигается большая удельная поверхность испарения, а затем и горения.
- Мелкие капли топлива быстро испаряются и создают газоздушную смесь, которая, воспламеняясь, образует горящий факел.
- Область распространения факела можно условно разделить на следующие зоны: распыления топлива, его испарения и образования газоздушной смеси, воспламенения и горения этой смеси.
- Как по сечению топливно-воздушной струи, так и по ее длине в процессе горения непрерывно изменяются температура и концентрация топлива и окислителя.

- Для производства тепловой энергии из нефтяных топлив применяют мазут и печное бытовое топливо.
- При сжигании мазута для испарения его наиболее тяжелых фракций с температурой кипения 700 К и выше требуется прогрев капель до таких температур, при которых происходит деструкция топлива с образованием как газообразной, так и твердой фазы.
- Таким образом, при нагреве капель мазута до высокой температуры образуется твердая углеродная фаза — сажа и кокс, которые выгорают так же, как частицы твердого топлива, но имеют значительно меньшую активность по отношению к кислороду воздуха.
- Раскаленные частицы сажи и кокса в пламени обуславливают светимость факела.
- Газообразные и твердые продукты разложения мазута, выделяющиеся в зоне, в которой концентрация кислорода уже невелика, образуют зону догорания топлива, существенно увеличивающую общую длину факела.

# Горение композиционных топлив

- Композиционными топливами являются водомазутные эмульсии, мазутоугольные и водомазутоугольные суспензии, водоугольные суспензии, угольные гранулы и брикеты.

# Горение водомазутных эмульсий.

- Водомазутная эмульсия, содержащая до 10—15 % (иногда до 30—50 %) воды, вводится в топочный объем аналогично мазуту, в распыленном подогретом состоянии.
- Введение в объем капель мазута мелких капель воды (размером менее 0,007 мм) **вследствие большей разности температур испарения воды и мазута** приводит при нагреве капли топлива к перегреву воды, **находящейся внутри капли**, повышению в капельках воды давления, прорыву испаряющейся воды сквозь слой мазута **во вне объема капли топлива, увлечению за собой части топлива и искривлению в связи с этим внешней поверхности капли эмульсии**. Этот процесс называется явлением микровзрыва.

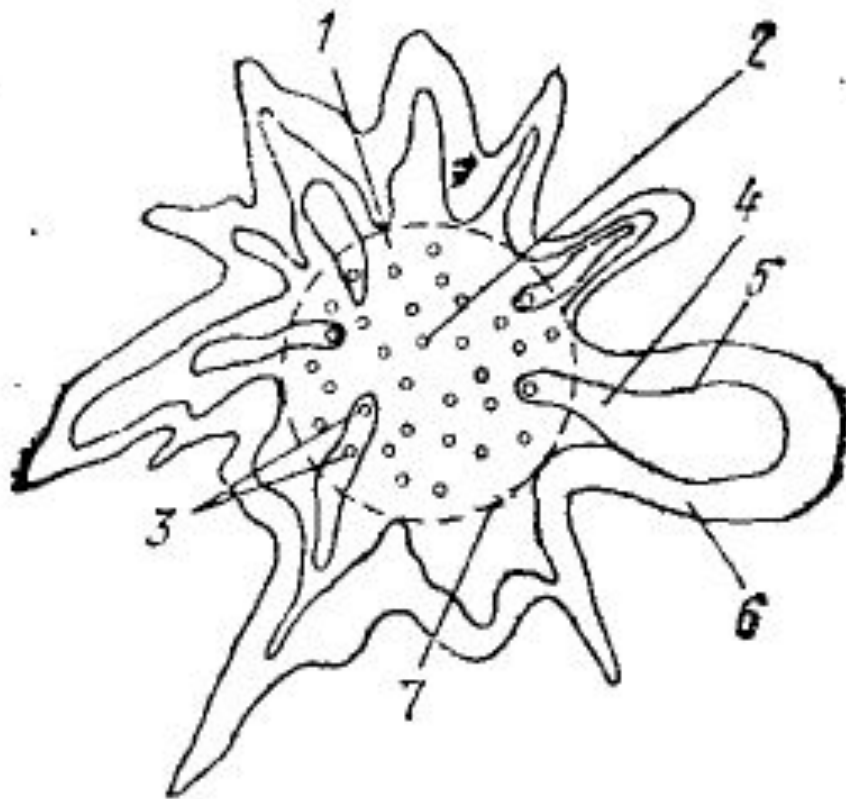


Схема микровзрыва при  
испарении капли  
водомазутной эмульсии

1 — капля эмульсии;

2 — включения воды в  
капле эмульсии;

3 — перегретые капельки  
воды при прогреве капли  
эмульсии;

4 — микровзрыв;

5 — изменение  
поверхности капли;

- 6 — горение паров мазута  
вокруг капли;

- 7 — начальная  
поверхность капли  
эмульсии



# Введение воды в мазут :

- 1) повышает скорость горения этого топлива,
- 2) уменьшает сажеобразование при горении,
- 3) уменьшает образование окислов азота и их выброс с продуктами сгорания,
- 4) улучшает условия эксплуатации оборудования.

# Введение воды в топливо

- требует дополнительных затрат на ее испарение в количестве 24,62 кДж энергии на 1 % влажности топлива.
- При 15 % влажности это составляет 369 кДж на 35 200 кДж/кг этого топлива, что соответствует дополнительному увеличению на 1,05 % расхода этого топлива, что ниже потерь топлива с механической и химической неполнотой сгорания, обычно имеющих место при сжигании мазута, особенно если он обводнен, за счет разогрева его острым паром, что часто имеет место.
- При использовании водомазутной эмульсии с  $W < 15\%$  в паровых котлах КПД котлов увеличивается по сравнению с сжиганием в них чистого мазута.

# Горение водоугольных суспензий.

- Водоугольные суспензии содержат от 28 до 50 % воды и представляют собой смесь очень мелких частиц угля и воды.
- Для понижения вязкости этих суспензий в них вводят поверхностно-активные вещества, например полифенольный лесохимический реагент ПФЛХ-1, гексамета-фосфат натрия (ГМФ Na) и др.
- Сжигание водоугольных суспензий в топочном объеме производится аналогично Мазуту путем распыливания их в потоке воздуха.
- Размер капель суспензии, образующихся при этом, составляет от 0,05 до 0,2—0,3 мм. В каждой капле суспензии сохраняется первоначальный ее состав.
- Число частиц угля в капле составляет несколько тысяч размером от 0 до 0,2 мм. Частиц угля в массе суспензии от 0,1 до 0,2 мм не превышает 1—2 %.

- Добавление воды приводит:
- 1) к высокой теплоте выгорания топлива (99—99,5 % при полном отсутствии химической неполноты сгорания);
- 2) возможности снижения избытка воздуха с 25 % (для угля) до 5—7 % (для суспензии); резкому уменьшению образования летучей золы и устранению необходимости периодической чистки поверхностей нагрева котла от загрязнений;
- 3) уменьшению образования вредных выбросов (пыли, окислов серы и азота) в связи с отсутствием летучей золы и угольной пыли,
- 4) снижением температуры горения (окислы азота) и возможности введения в массу суспензии необходимых присадок, которые позволяют связать до 70 % окислов серы.

- Применение водоугольных суспензий в качестве топлива позволяет не только существенно улучшить условия эксплуатации котла или печей, но и заменить железнодорожный и другие виды транспорта твердого топлива трубопроводным транспортом, существенно снизить потери топлива при его транспортировании, хранении и топливоподготовке, а также снизить стоимость выработки тепловой и электрической энергии при использовании твердого топлива за счет ликвидации системы топливо-приготовления, включая сушку и размол топлива на тепловых станциях.

- Водугольные суспензии из угля с малым содержанием золы позволяют использовать их в топочных устройствах теплогенераторов, предназначенных для работы на мазуте, практически без реконструкции, что нашло распространение уже сейчас в ряде стран в связи с ростом цен на мазут.
- В то же время применение твердого топлива в виде высококонцентрированных водугольных суспензий требует некоторого дополнительного расхода топлива, связанного с необходимостью испарения влаги топлива, в количестве 4—6 % при влажности суспензии 30—35 %.

# Горение угольных гранул

- Особенность горения угольных гранул **так же, как и горения угольных суспензий**, является образование в процессе горения высокопористого прочного агломерата, сначала угольного, а в конце горения— зольного.
- Структура зольного агломерата обеспечивает равномерный выход из его объема летучих и других газообразных соединений без образования трещин в грануле и нарушения ее прочности, а на стадии догорания — активную диффузию кислорода и других газообразных реагентов внутрь объема гранулы, что способствует достаточно интенсивному внутреннему реагированию углерода гранулы с окислителем и высокой полноте выгорания топлива.
- Сохранность формы топлива в процессе его горения обеспечивает минимальные его потери с провалом под решетку и с уносом потоком продуктов сгорания, а достаточно медленный прогрев гранул из-за их пористости приводит к равномерному выходу летучих, которые сгорают вблизи поверхности гранул без образования факела над слоем топлива, что существенно снижает химическую неполноту горения.

# Горение угольных брикетов.

- Угольные брикеты в отличие от угольных гранул являются топливом с достаточно плотной массой, поскольку они получаются под давлением свыше 100 МПа.
- Их горение протекает аналогично горению плотных кусков натурального угля. Высокая плотность массы брикетов, их строго постоянный размер обеспечивают их равномерное поверхностное горение с относительно невысокой скоростью при равномерном их обтекании потоком воздуха, что не имеет места при сжигании в слое угля.
- Невысокая скорость горения особенно важна в котлах длительного горения (в отопительных котлах и бытовых нагревательных приборах на твердом топливе), где обычно брикеты и применяются.