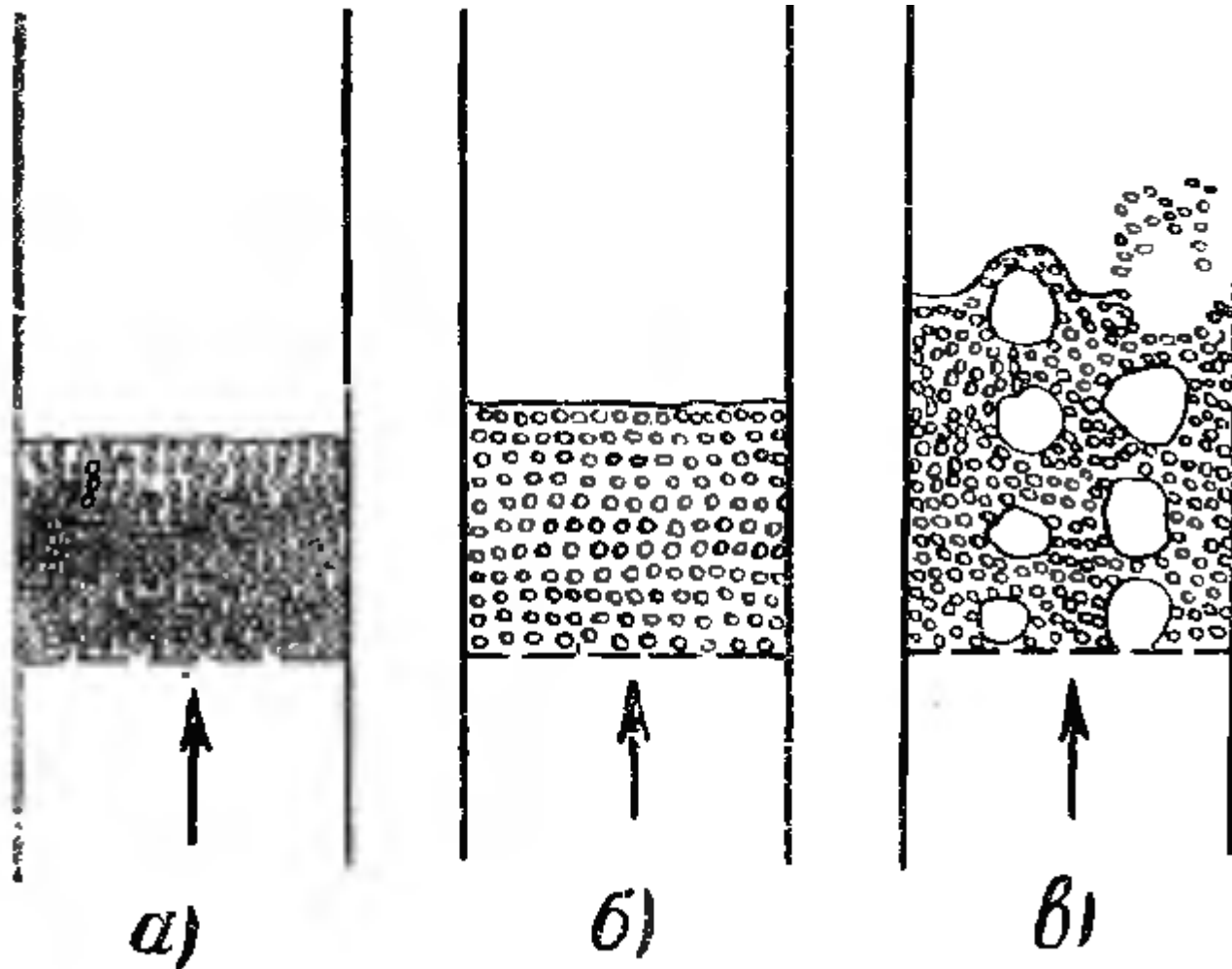


# Вторичные энергетические ресурсы

Сухоцкий Альберт Борисович

**Теория кипящего слоя  
Сжигание в кипящем слое.  
Камерные топки.**

# Теория кипящего слоя



*a* – неподвижный слой, *б* – начальная фаза кипения, *в* – пузырьчатое кипение

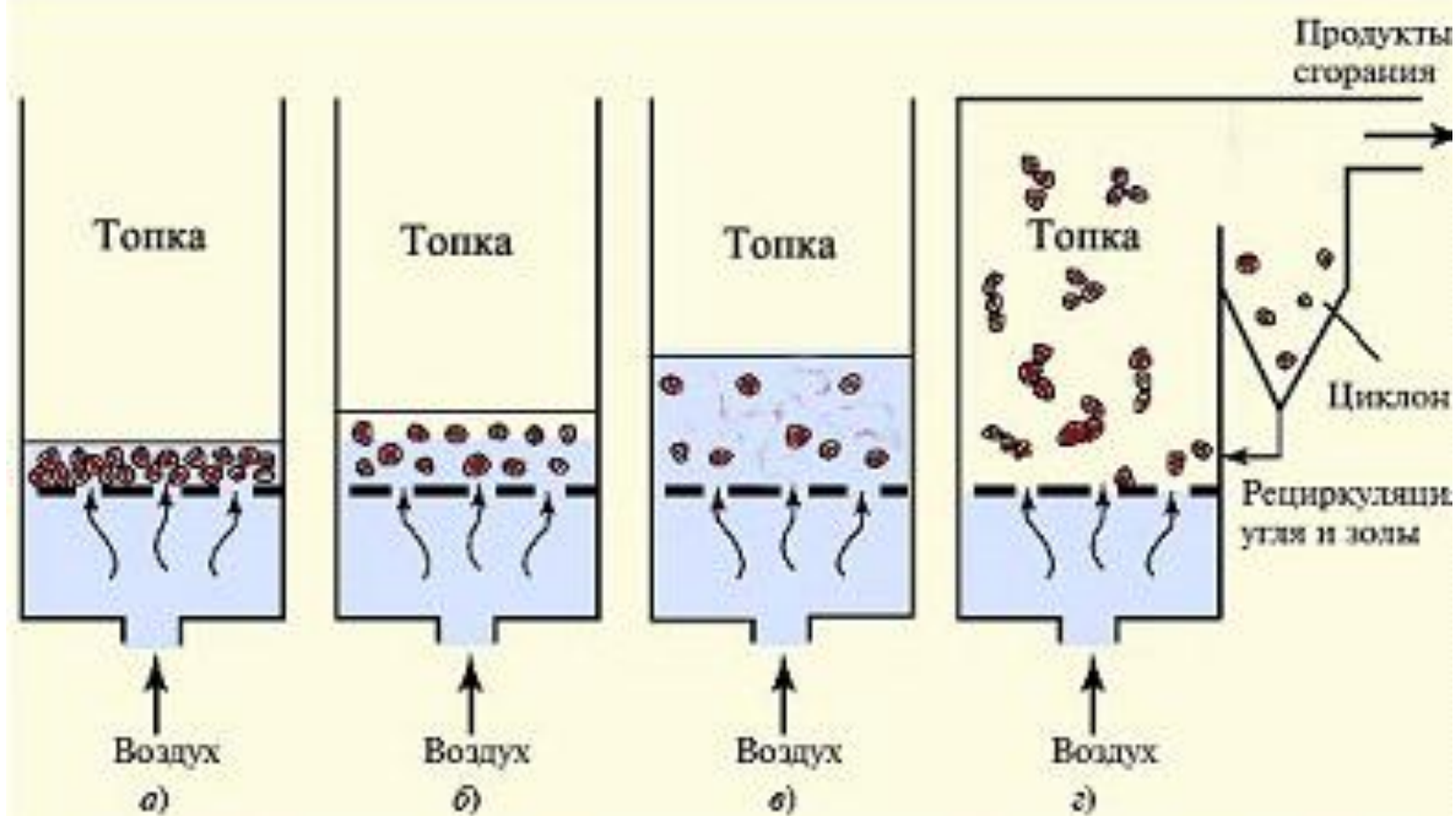


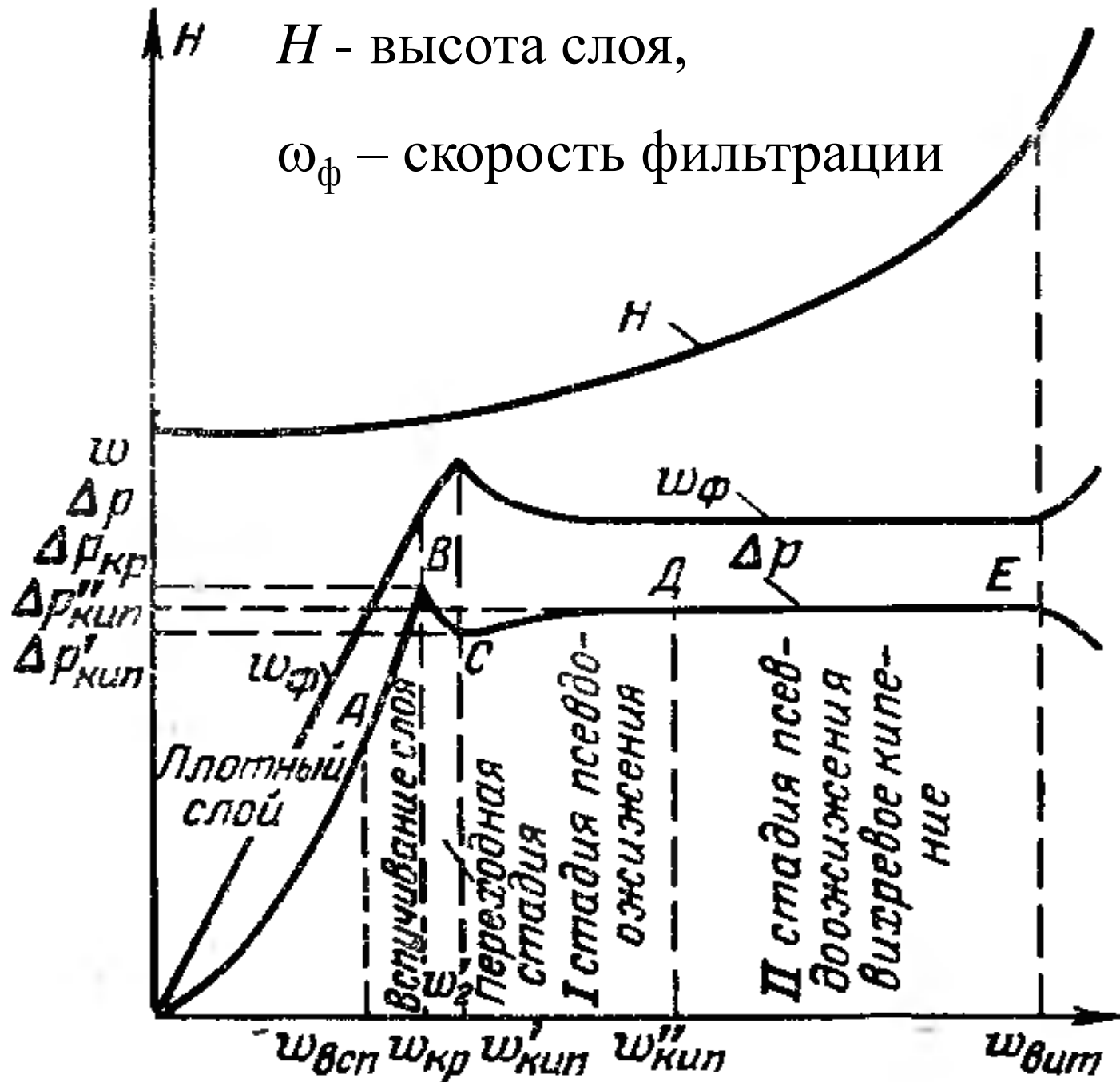
Рис. 11.9. Изменение кипящего слоя при различных количествах воздуха, подаваемого для горения

Напор газа, при котором возникает кипящий слой, определяется по следующей формуле:

$$\Delta p_{\text{кр}} = \frac{G_{\text{T}}}{S_{\text{к.р}}} + \Delta p' = Hg (\rho_{\text{T}} - \rho_{\text{В}}) (1 + \varepsilon) + \Delta p'$$

$\varepsilon$  – коэффициент порозности, представляющий собой отношение величин объемов пустот и слоя,

$\Delta p'$  – перепад давления, необходимый для отрыва частиц друг от друга.



Характерные скорости подачи воздуха можно определить по следующим формулам:

$$\text{Re}'_{\text{кип}} = \frac{v'_{\text{кип}} d}{v_{\text{в}}} = 0,11 \text{Ar}^{0,52}$$

$$v''_{\text{кип}} \approx 2v'_{\text{кип}}, \quad v_{\text{вит}} = (5 - 6)v''_{\text{кип}},$$

где критерий Архимеда

$$\text{Ar} = \frac{d^3 (\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{в}}) g}{v_{\text{в}}^2 \rho_{\text{в}}}.$$

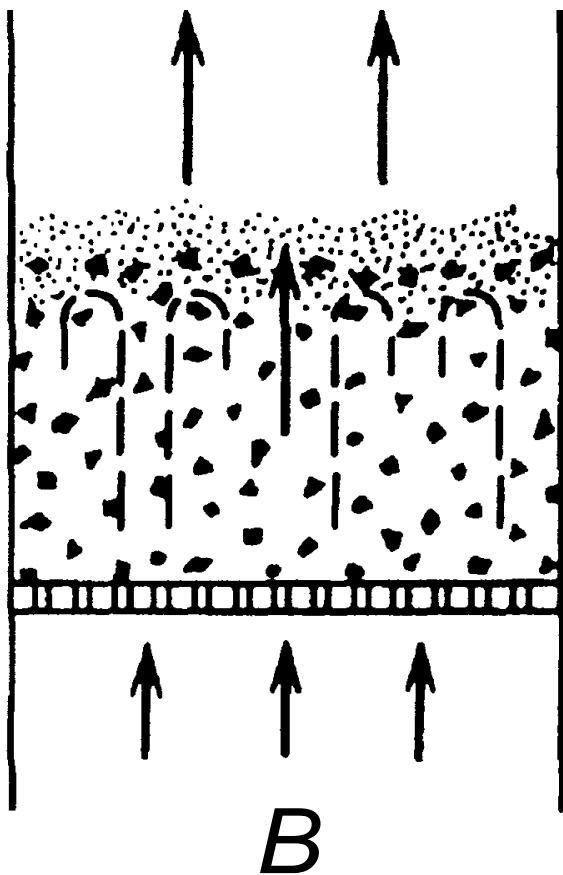
## Сжигание в кипящем слое.

Кипящий слой делится на:

- пузырьковый,
- циркулирующий,
- вихревой.

**Пузырьковое сжигание** это сжигание при котором кинетическая энергия воздушного потока примерно равна весу частиц топлива (частицы начинают парить и интенсивно перемешиваться в воздушном потоке, образуя взвешенный слой).



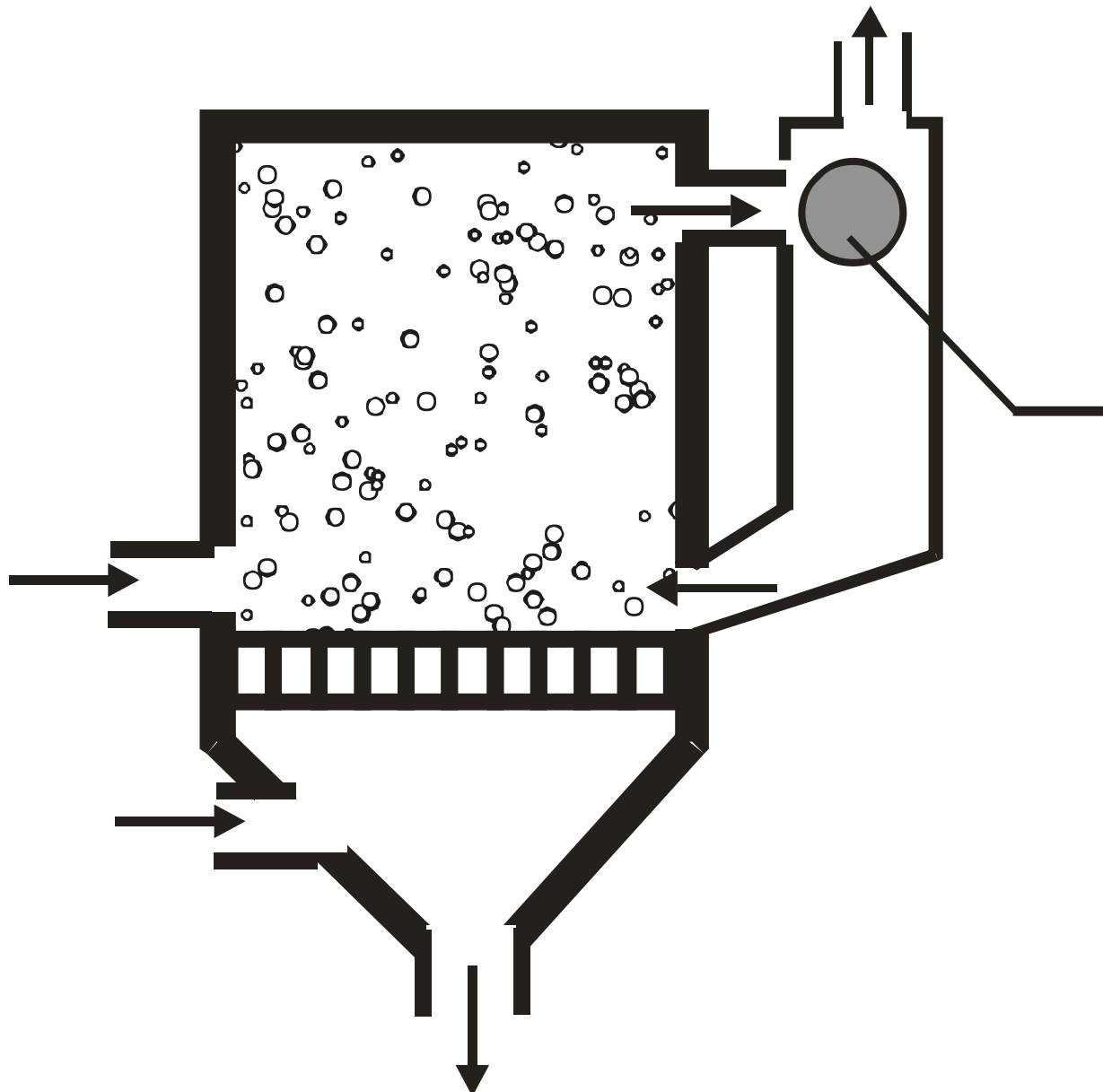


Скорость потока воздуха, подаваемого под решетку, составляет от 1,0 до 2,5 м/с.

Преимуществом топок с пузырьковым слоем является их гибкость в отношении размера частиц и уровня влажности топливной биомассы.

**Циркулирующее сжигание** это сжигание с высокой интенсивностью дутья при которой горящие частицы топлива уносятся воздушным потоком в циклоны сепаратора, где твердая фаза отделяется от газового потока и направляется обратно в топку.

Более высокая турбулентность слоя в котлах с циркулирующим сжиганием повышает эффективность теплообмена и обеспечивает более однородное распределение температуры в слое.



Скорость  
потока  
воздуха до 5-  
10 м/с.



Достоинство технологии циркулирующего слоя является

- ВОЗМОЖНОСТЬ СЖИГАНИЯ НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ ТОПЛИВ,
- температура в топке с кипящим слоем сравнительно низкая, около  $850^{\circ}\text{C}$ , вследствие чего отсутствует опасность плавления золы и шлакования топки. При таком уровне температур снижаются также выбросы оксида азота.

- для обеспечения качественного горения в топку с кипящим слоем, добавляют инертный материал (90-98%), как правило, кварцевый песок или доломит. В отличие от топок с плотным слоем, топки с кипящим слоем и инертным материалом могут эффективно работать в очень широком диапазоне нагрузок и даже кратковременно без подачи топлива.

- высокая интенсивность теплообмена и эффективность смешения материала в слое создают благоприятные условия для полного сгорания топлива с низким коэффициентом избытка воздуха (от 1,1 до 1,2 в установках с циркулирующим слоем и от 1,3 до 1,4 в установках с пузырьковым слоем).

## Недостатки топок с циркулирующим слоем

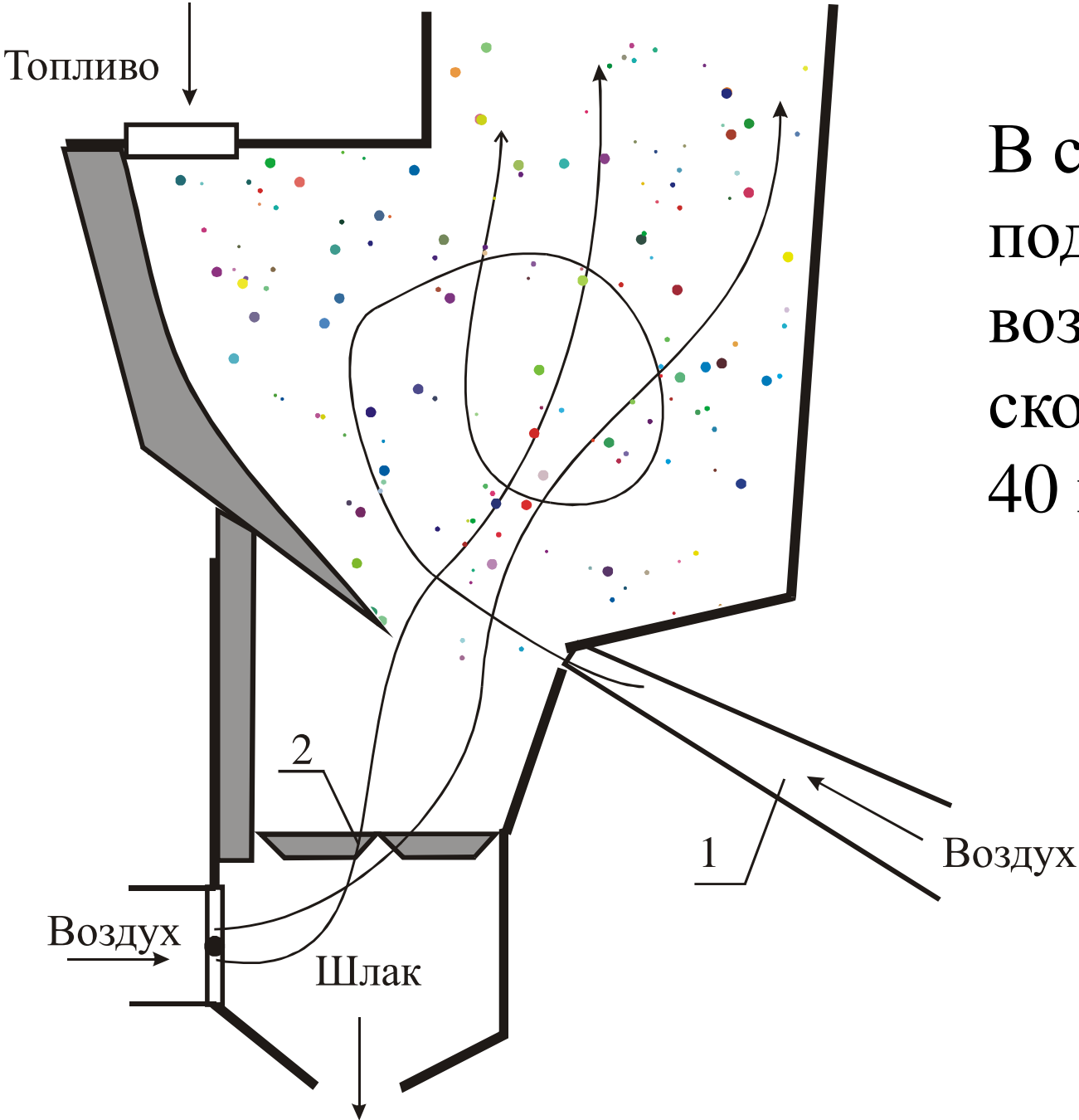
- большие размеры топок и, соответственно, более высокая стоимость,
- унос большего количества пыли с топочным газом,
- эрозия поверхностей нагрева запыленным потоком,
- повышенный расход электроэнергии на привод высоконапорных вентиляторов,



- незначительные относительные скорости частиц топлива,
- необходимость использования мелких частиц топлива (диаметром от 0,1 до 40 мкм), что значительно увеличивает затраты на предварительную обработку топлива.

**Вихревое сжигание** это сжигание при котором внутри топки создается устойчивое вихревое вращательное движение газовой смеси и частиц топлива, которые движутся по круговым или петлевым траекториям, находясь во взвешенном состоянии и сгорая при движении в газовом объеме.

При вихревом процессе сжигания у частиц топлива помимо поступательного движения присутствует еще и поперечное (обусловленное центробежными силами) и вращательное движение.



В сопла  
подаётся 70%  
воздуха со  
скоростью 30-  
40 м/с.

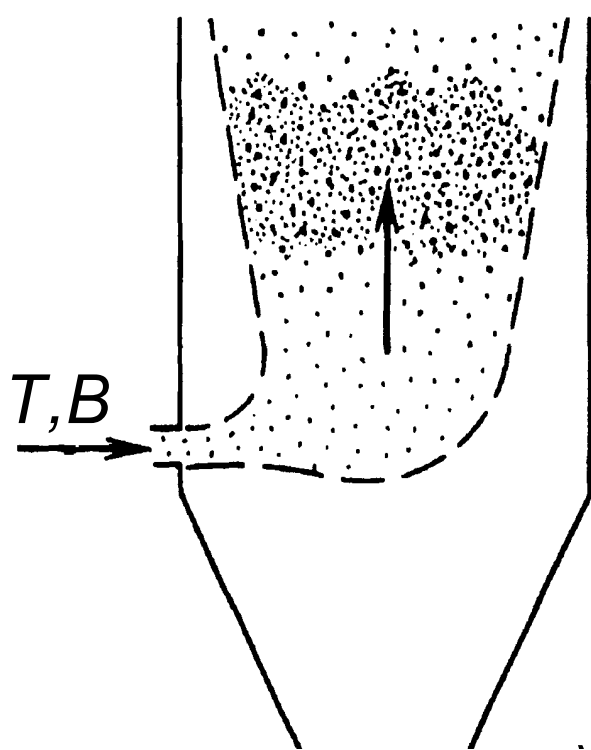
Основные недостатки вихревых топок — большие габариты, шлакование стенок топочной камеры.

В отличие от процесса сжигания в топках с плотным слоем применение вихревого процесса связано с необходимостью при изменении теплопроизводительности топки регулировать как количество подводимого воздуха, так и количество подаваемого в топку топлива. Это обстоятельство усложняет автоматизацию работы топочных устройств вихревого типа.

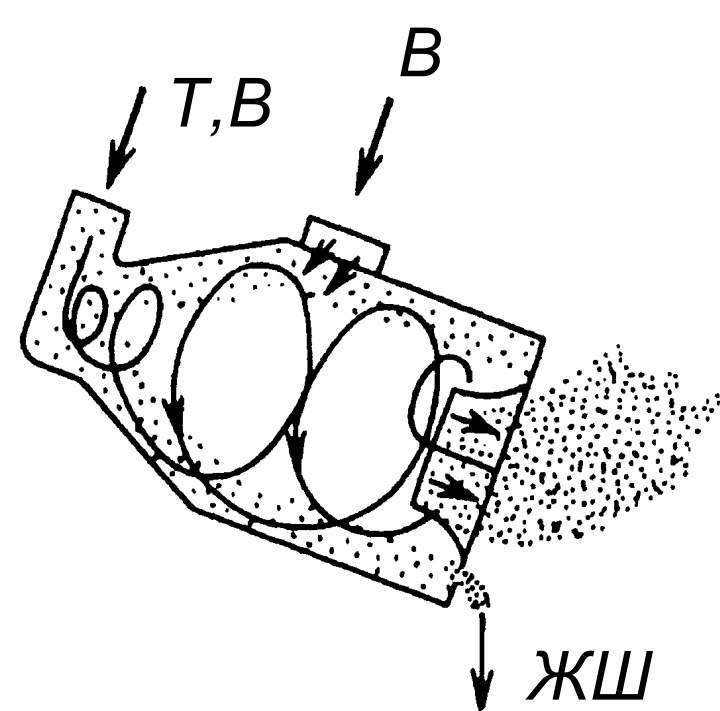
## Камерные топки

Камерные топки отличаются тем, что в топку подается топливновоздушная смесь подготавливаемая предварительно в специальном устройстве – горелке.

Практически в факеле можно сжигать только глубоко переработанное топливо в виде пыли.

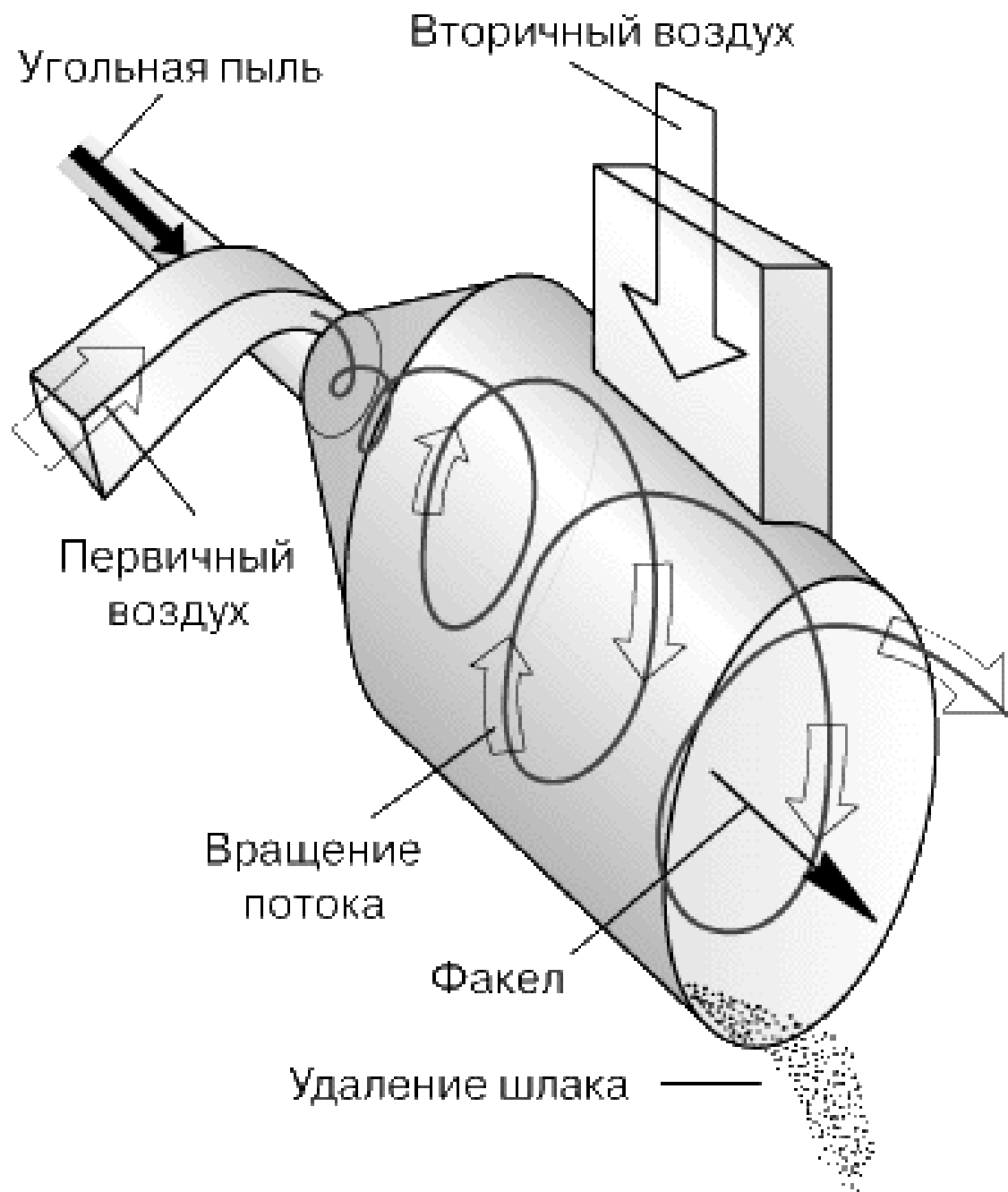


факельные



циклонные

Для обеспечения качественной смеси воздух в горелку подается с очень большой скоростью 150-200 м/с, а топливо имеет мелко дисперсионный состав до 400 мкм.



## Недостатки камерных топок:

- весьма незначительный запас топлива в топочной камере, отчего процесс горения малоустойчив и весьма чувствителен к изменению режима,
- требуются строгие меры соблюдения мер взрывобезопасности,
- переработка топлива в пыль очень энергоемкий процесс.