

Управление водным режимом теплогидравлическими методами

Примеси

- Коррозия и отложения

Примеси

- Коррозия и отложения
 - Увеличение термического сопротивления

Примеси

- Коррозия и отложения
 - Увеличение термического сопротивления
 - Утонение стенок поверхностей нагрева

Примеси

- Коррозия и отложения
 - Увеличение теплового сопротивления
 - Утонение стенок поверхностей нагрева
 - Увеличение гидравлического сопротивления

Примеси

- Коррозия и отложения
 - Увеличение термического сопротивления
 - Утонение стенок поверхностей нагрева
 - увеличение гидравлического сопротивления
 - Усиление эффекта тепловой и гидравлической разверок

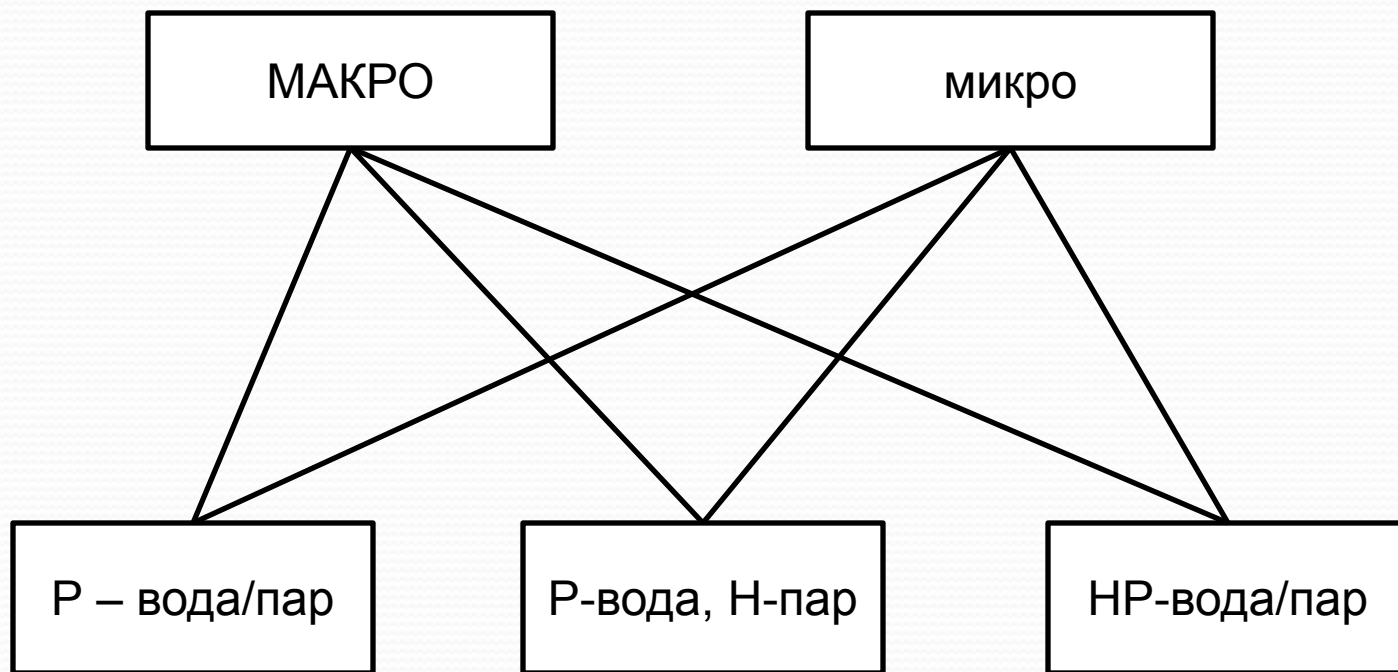
Примеси

- Коррозия и отложения
 - Увеличение термического сопротивления
 - Утонение стенок поверхностей нагрева
 - Увеличение гидравлического сопротивления
 - Усиление эффекта тепловой и гидравлической разверок
- Скорость коррозии пропорциональна тепловому потоку:
 - $V_k \sim A C_v q^{2-5}$

Слабые места

- Щели
- Зазоры
- Дистанцирующие решетки
- Повороты, отводы, тройники
- Сварные швы

Примеси



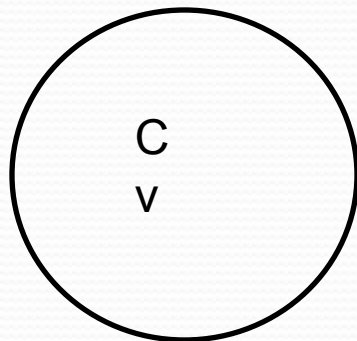
Теория продумки

- Назначение
- Реализация

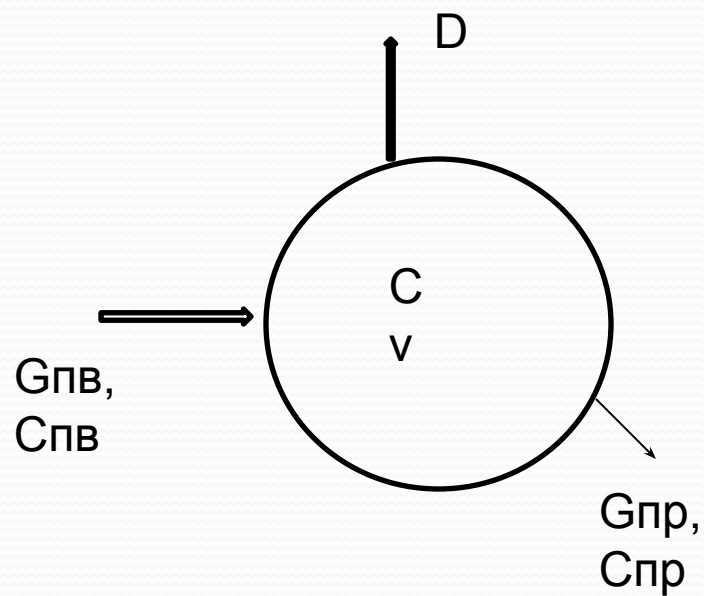
Теория продувки

- Назначение
 - Основной метод «лечения» от засаливания рабочего объема сепарационного устройства
 - Контроль качества пара и котловой воды
- Реализация
 - Выведение из контура части теплоносителя

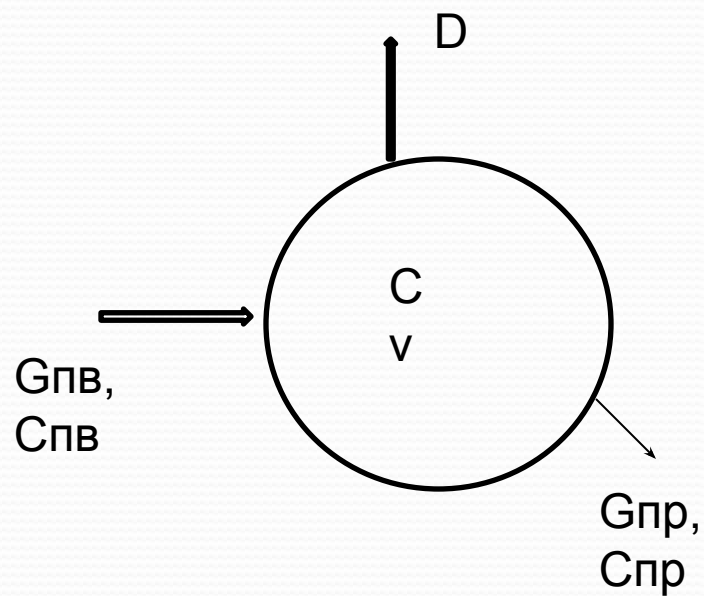
Простейшая расчетная модель



Простейшая расчетная модель

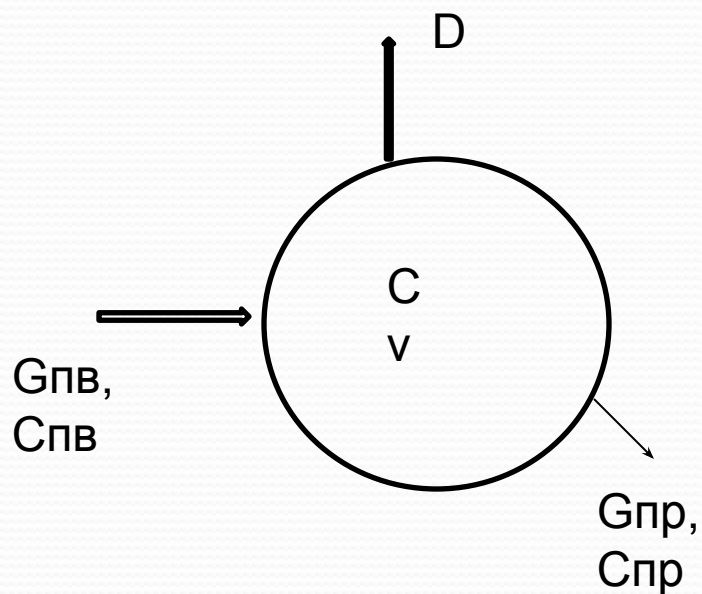


Простейшая расчетная модель



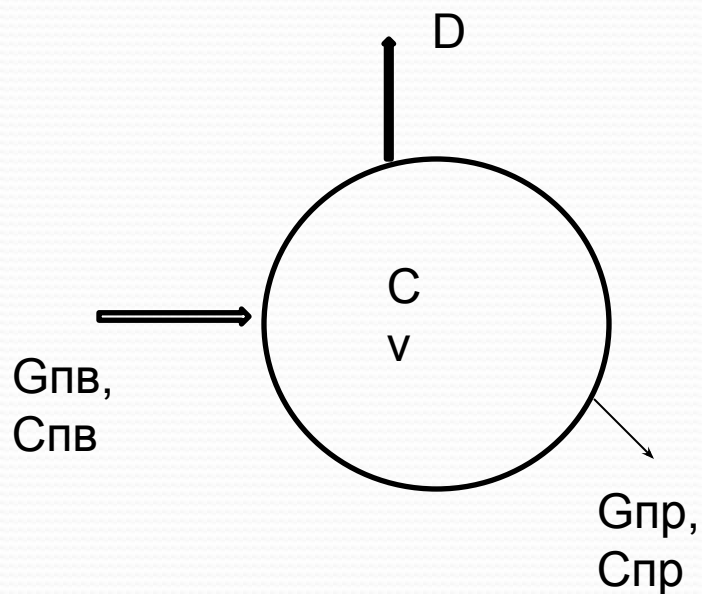
1. Примеси с паром не уносятся

Простейшая расчетная модель



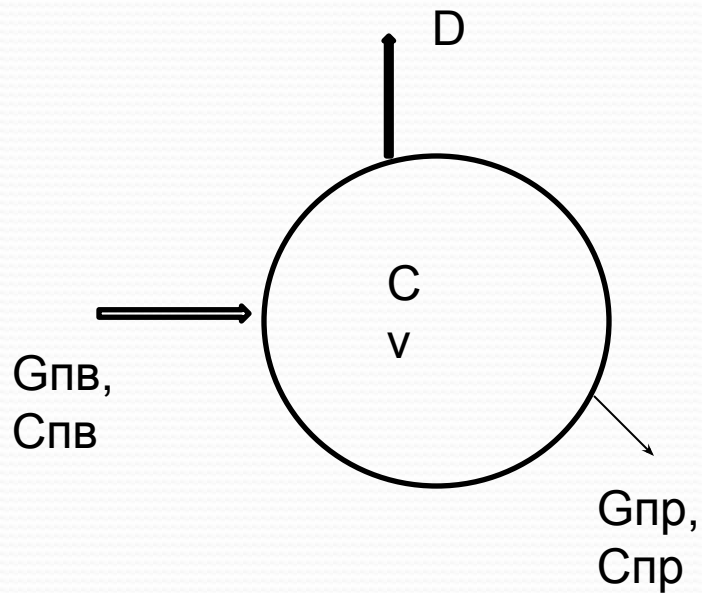
1. Примеси с паром не уносятся
2. Примеси с влагой не уносятся

Простейшая расчетная модель



1. Примеси с паром не уносятся
2. Примеси с влагой не уносятся
3. Примеси не осаждаются на ПН

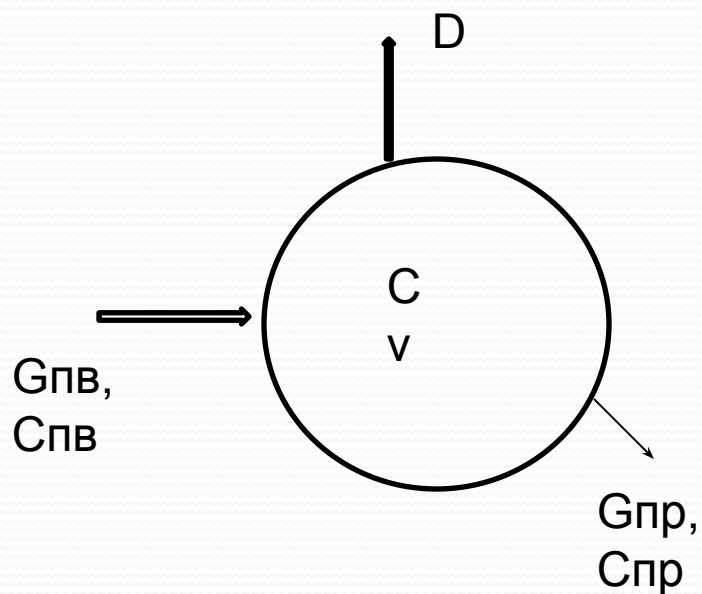
Простейшая расчетная модель



1. Материальный баланс

$$G_{пв} = D + G_{пр}$$

Простейшая расчетная модель



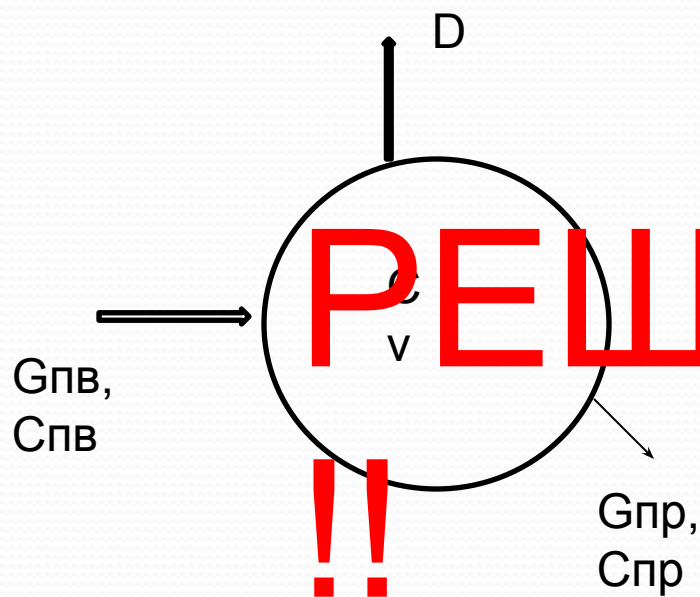
1. Материальный баланс

$$G_{пв} = D + G_{пр}$$

2. Солевой баланс

$$G_{пв} C_{пв} = G_{пр} C_{пр}$$

Простейшая расчетная модель



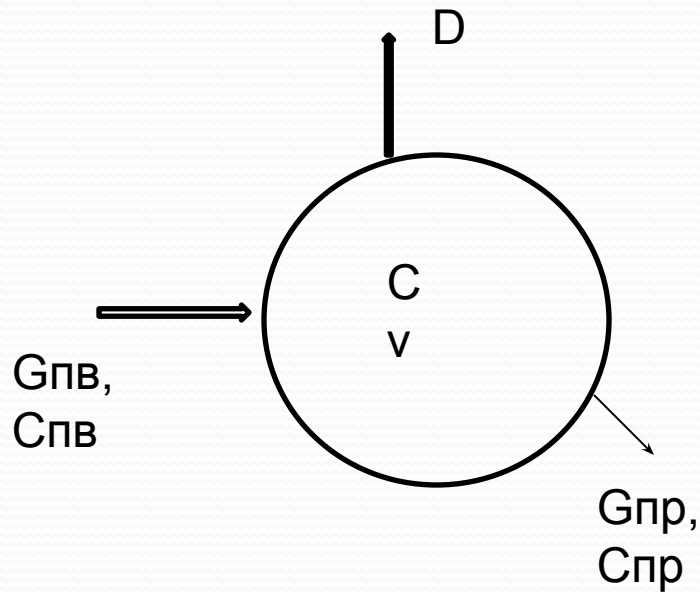
1. Материальный баланс

$$C_{пв} = D + C_{пр}$$

2. Солевой баланс

$$G_{пв} C_{пв} = G_{пр} C_{пр}$$

Простейшая расчетная модель



$$(G_{\text{пр}} + D)C_{\text{пв}} = G_{\text{пр}}C_{\text{пр}}$$

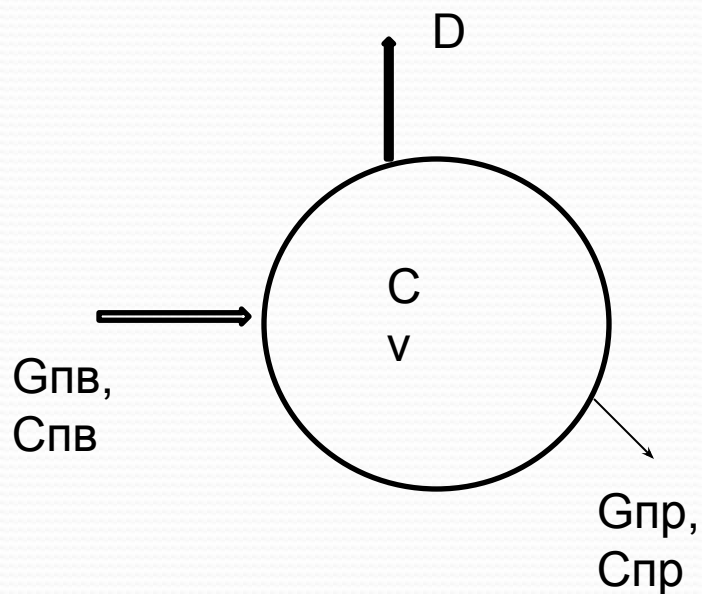
Делим на D

$$(G_{\text{пр}}/D + 1)C_{\text{пв}} = G_{\text{пр}}C_{\text{пр}}/D$$

или

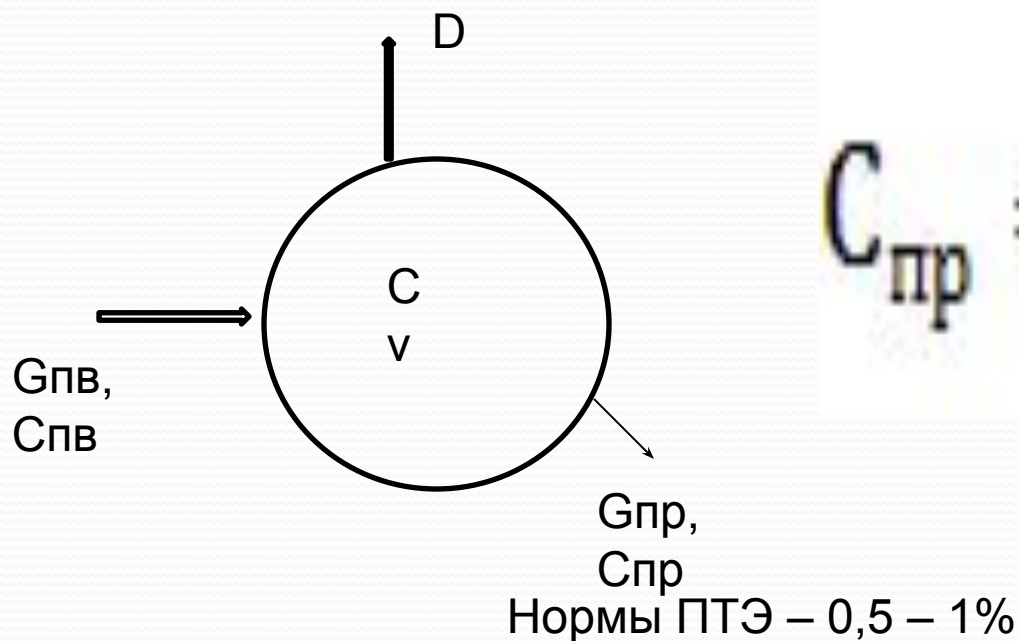
$$C_{\text{пв}}(1 + P) = C_{\text{пр}} P$$

Простейшая расчетная модель



$$C_{\text{пр}} = C_{\text{пв}} \frac{1 + P}{P}$$

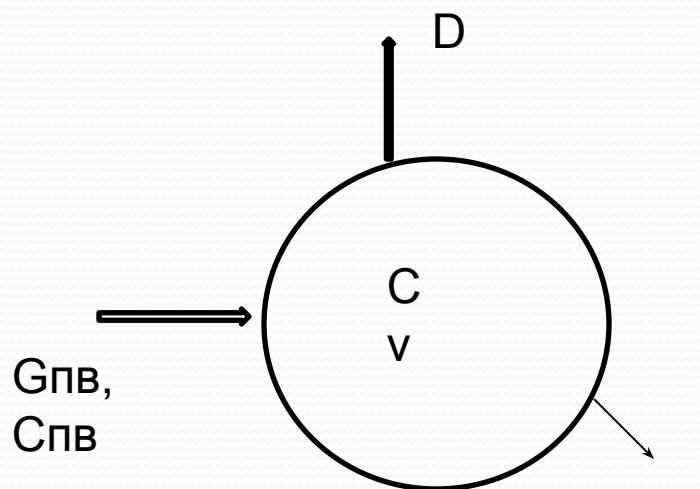
Простейшая расчетная модель



$$C_{\text{пр}} = C_{\text{пв}} \frac{1 + P}{P}$$

Если $C_{\text{пв}}=1$, $p=0,01$, то
 $C_{\text{пр}}=101$

Простейшая расчетная модель



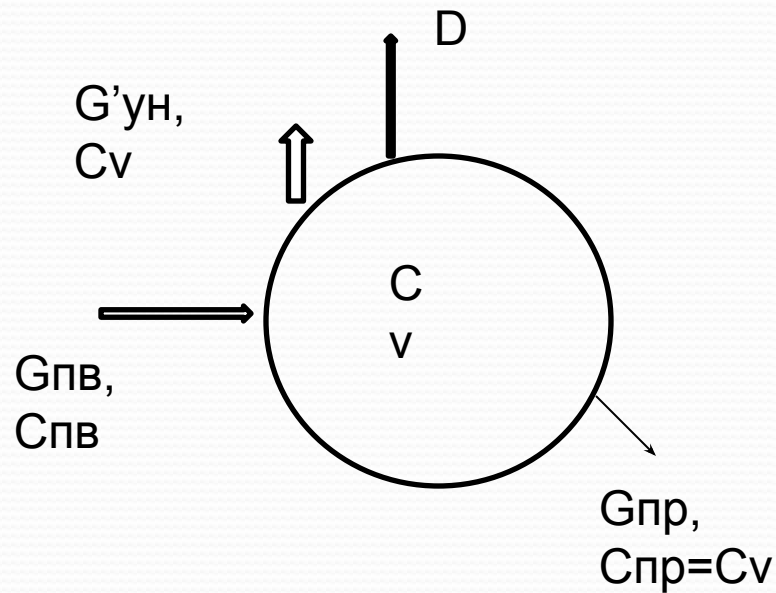
Гпр,
Спр
Нормы ПТЭ – 0,5 – 1%

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{пв}} \frac{1 + P}{P}$$

Если $C_{\text{пв}}=1$, $p=0,01$, то $C_{\text{пр}}=101$

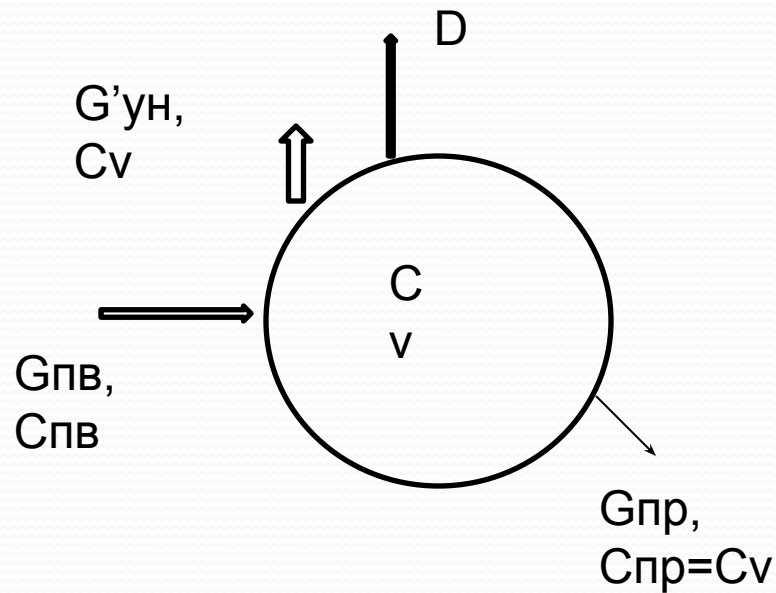
Важная ремарка: $C_{\text{пр}} = C_{\text{в}}$

Вынос примесей с влагой



1. Примеси не уносятся с паром
2. Примеси не осаждаются на ПН

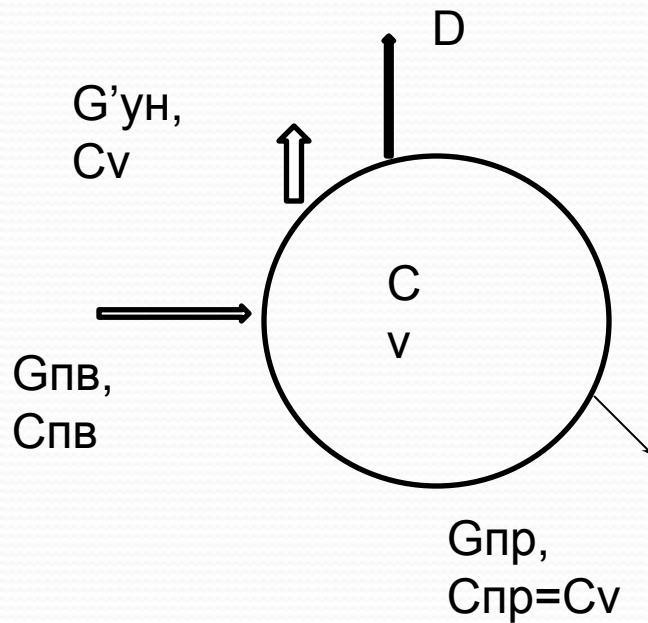
Вынос примесей с влагой



1. Материальный баланс

$$G_{пв} = G'_{ун} + D + G_{пр}$$

Вынос примесей с влагой



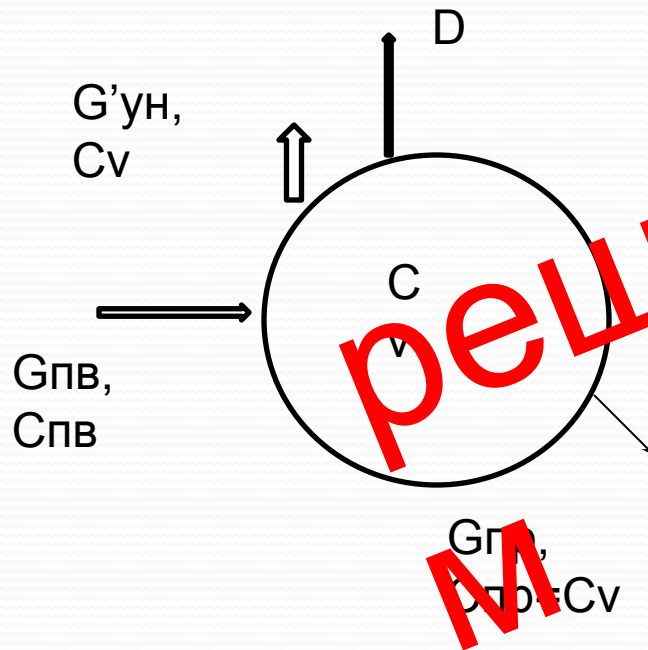
1. Материальный баланс

$$G_{пв} = G'_{ун} + D + G_{пр}$$

2. Солевой баланс

$$G_{пв} C_{пв} = G'_{ун} C_v + G_{пр} C_v$$

Вынос примесей с влагой



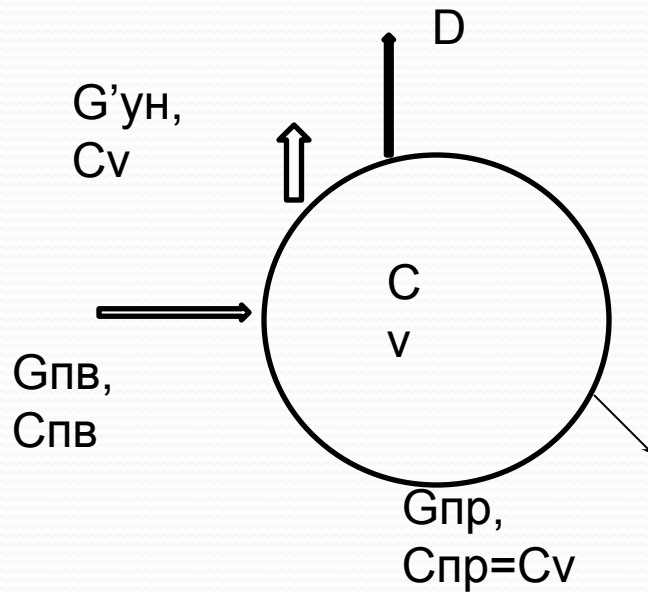
1. Материальный баланс

$$G_{пв} = G'_{ун} + D + G_{пр}$$

2. Солевой баланс

$$G_{пв} C_{пв} = G'_{ун} C_v + G_{пр} C_v$$

Вынос примесей с влагой



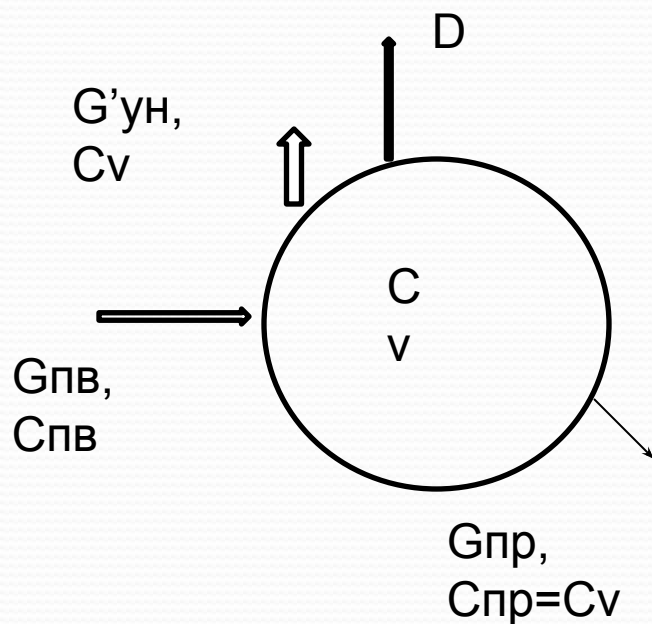
$$(G'_{ун} + D + G_{пр})C_{пв} = C_v(G'_{ун} + G_{пр})$$

Делим на D и
Обозначаем:

P – относительная продуквка

ω - влажность

Вынос примесей с влагой



$$(\omega + 1 + P)C_{пв} = (\omega + P)C_v$$

ИЛИ

$$C_v = C_{пр} = C_{пв} \frac{1 + P + \omega}{P + \omega}$$

Растворение примесей в паре

- Определяется коэффициентом распределения

Растворение примесей в паре

- Определяется коэффициентом распределения
- Физический смысл K_p – сколько максимально возможно перевести того или иного вида примеси из жидкости в пар

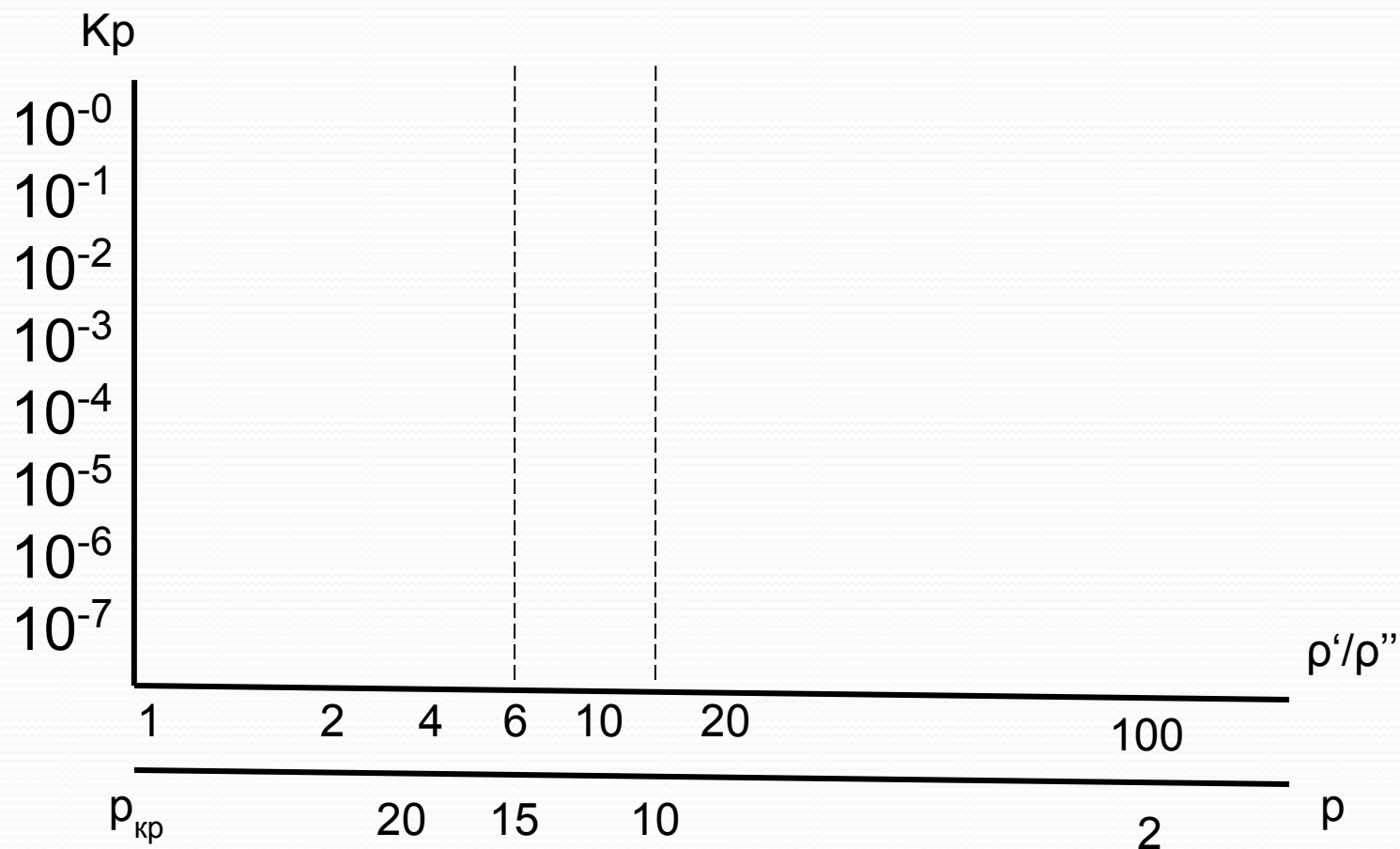
Растворение примесей в паре

- Определяется коэффициентом распределения
- Физический смысл K_p – сколько максимально возможно перевести того или иного вида примеси из жидкости в пар
- $K_p = f(T, p, pH, \text{состава раствора, свойств примесей})$.

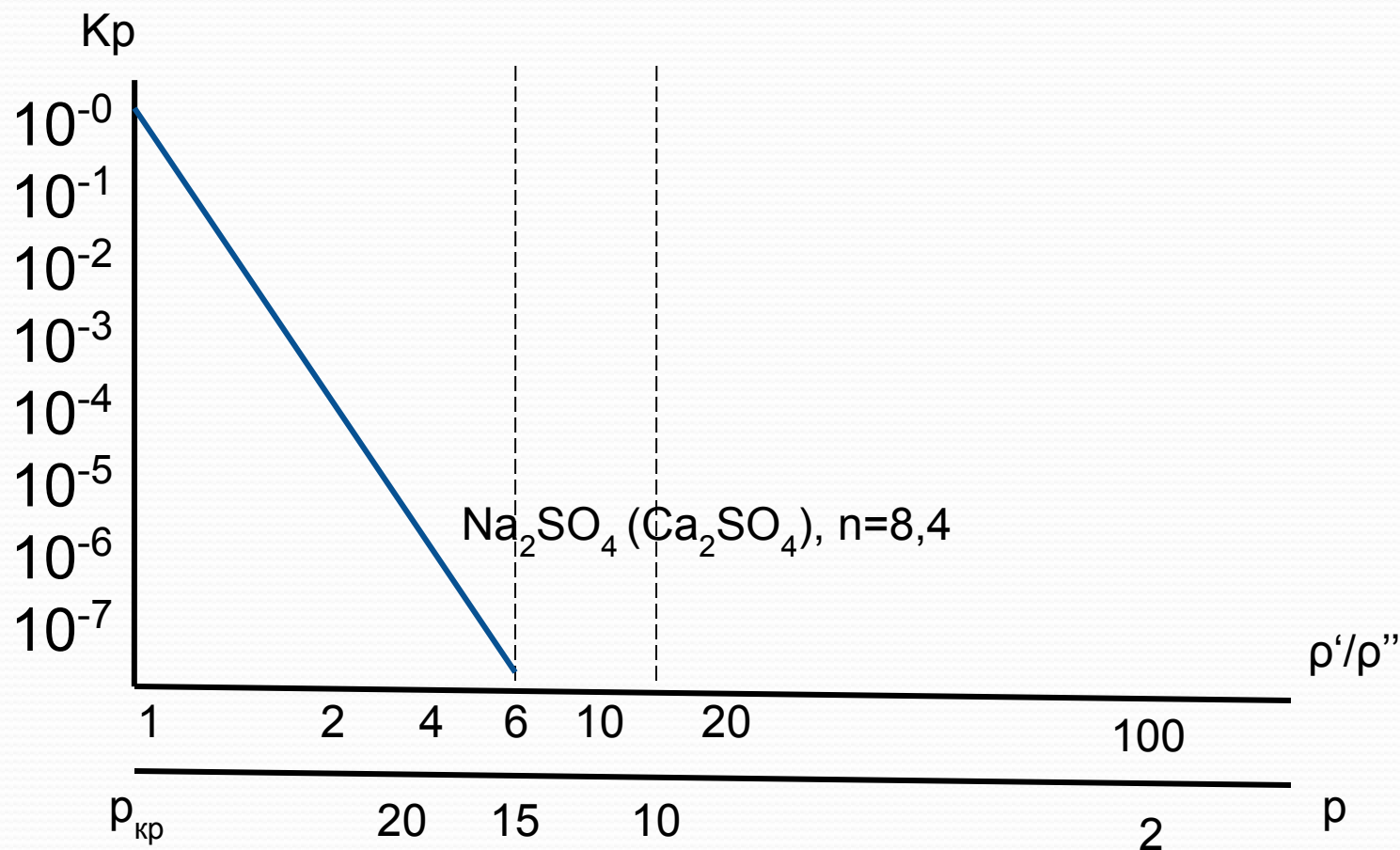
Растворение примесей в паре

- Определяется коэффициентом распределения
- Физический смысл K_p – сколько максимально возможно перевести того или иного вида примеси из жидкости в пар
- $K_p = f(T, p, p_H, \text{состава раствора, свойств примесей})$.
- $K_p = (\rho' / \rho'')^n$ Формула Стирковича

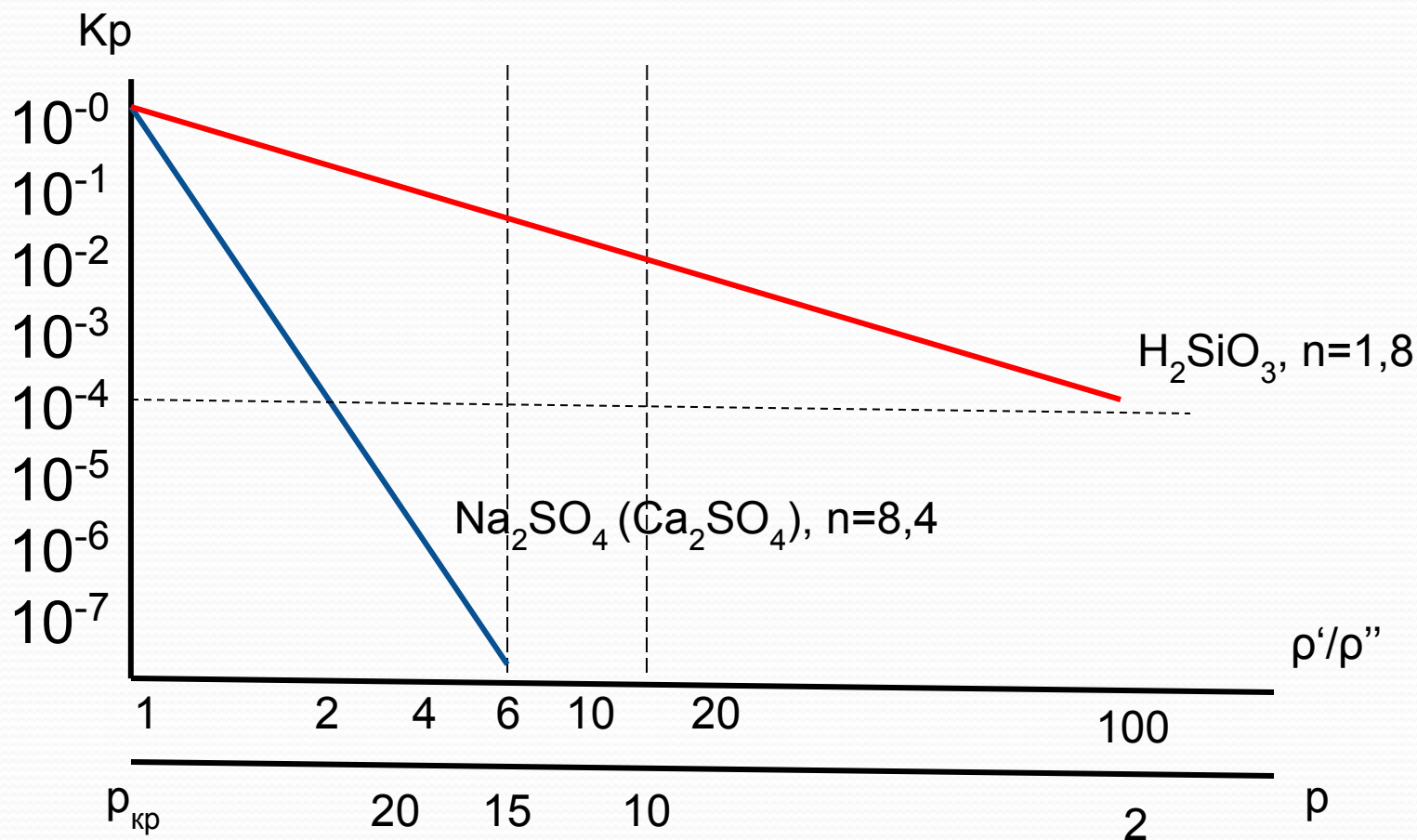
Лучевая диаграмма



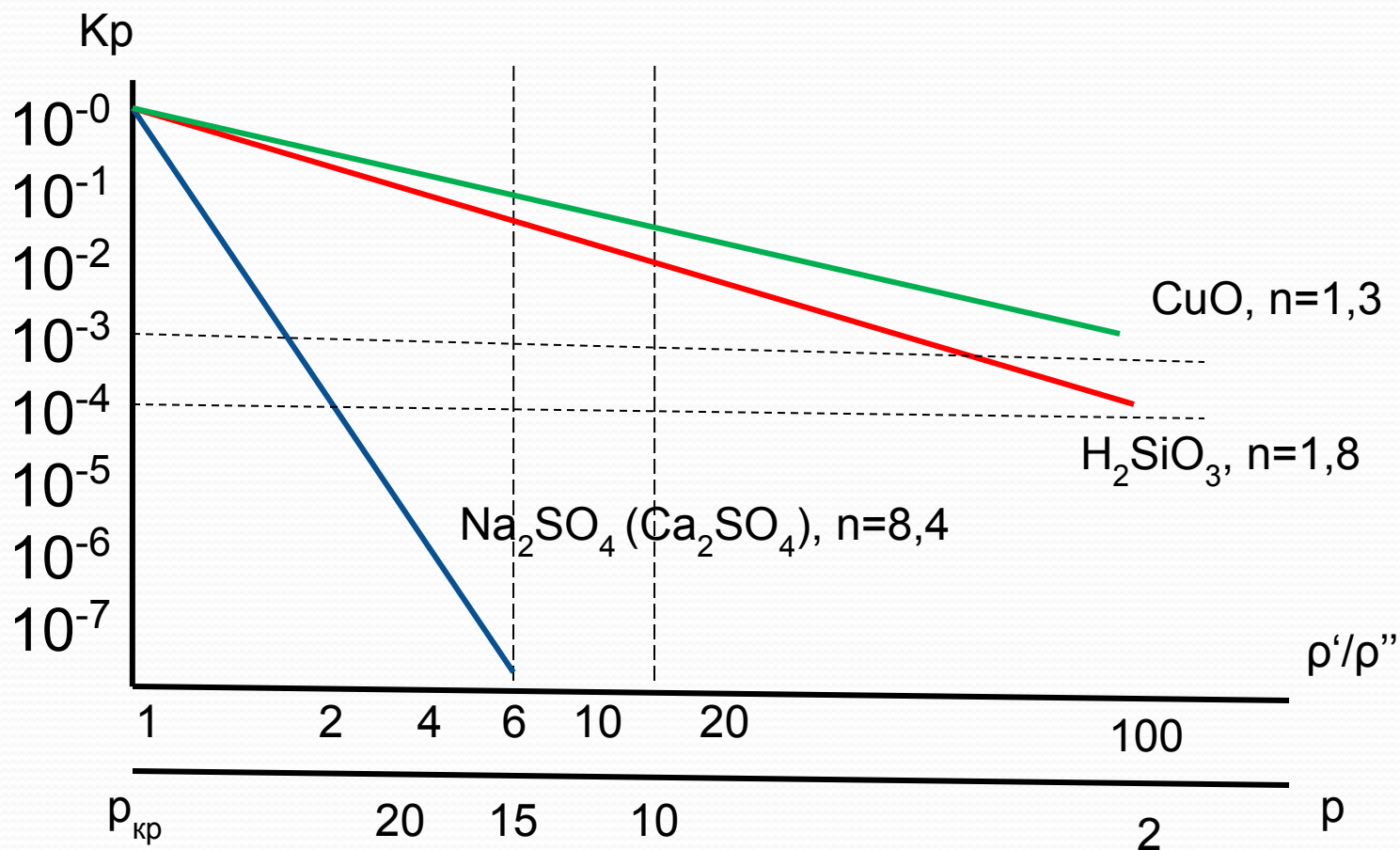
Лучевая диаграмма



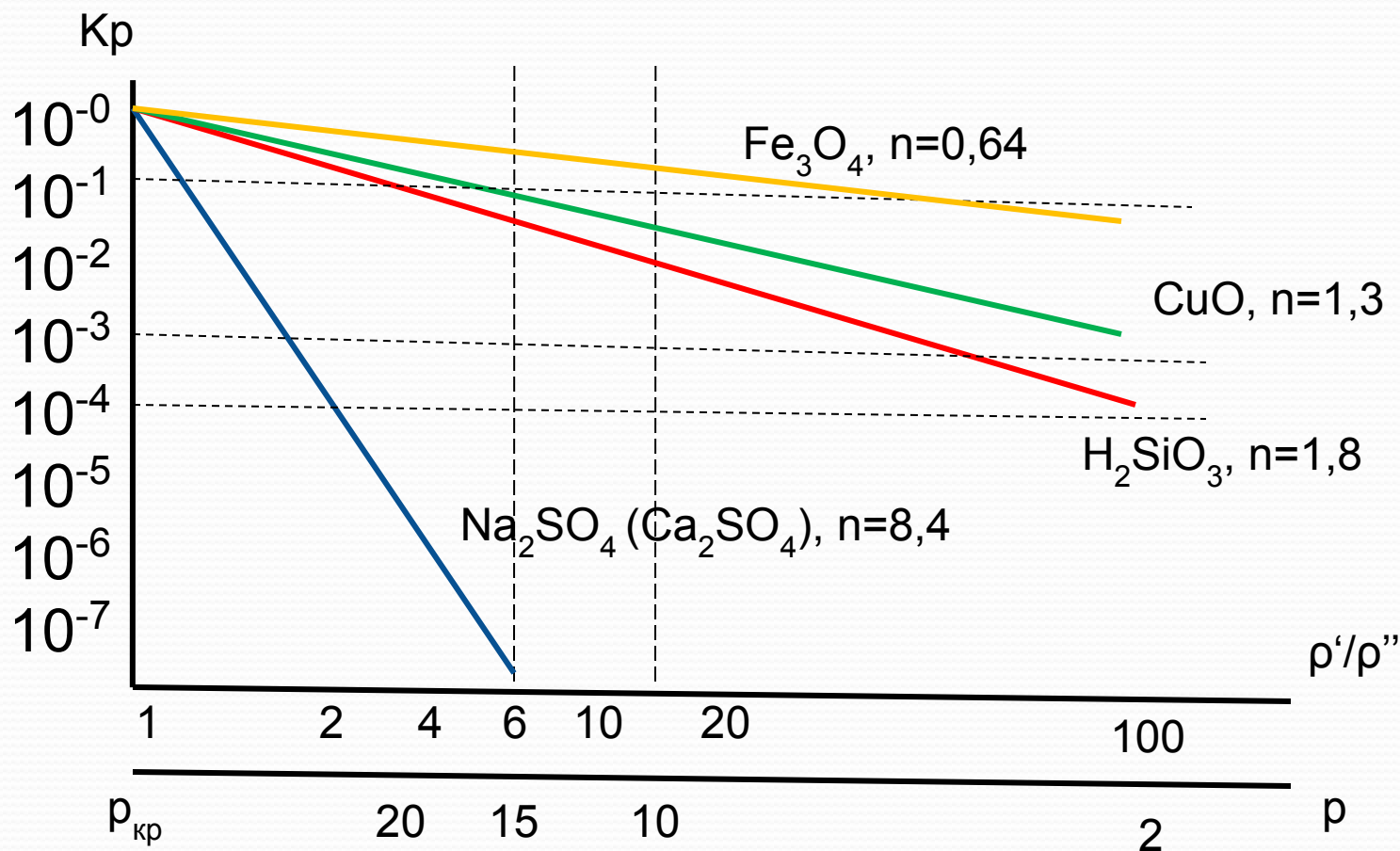
Лучевая диаграмма



Лучевая диаграмма

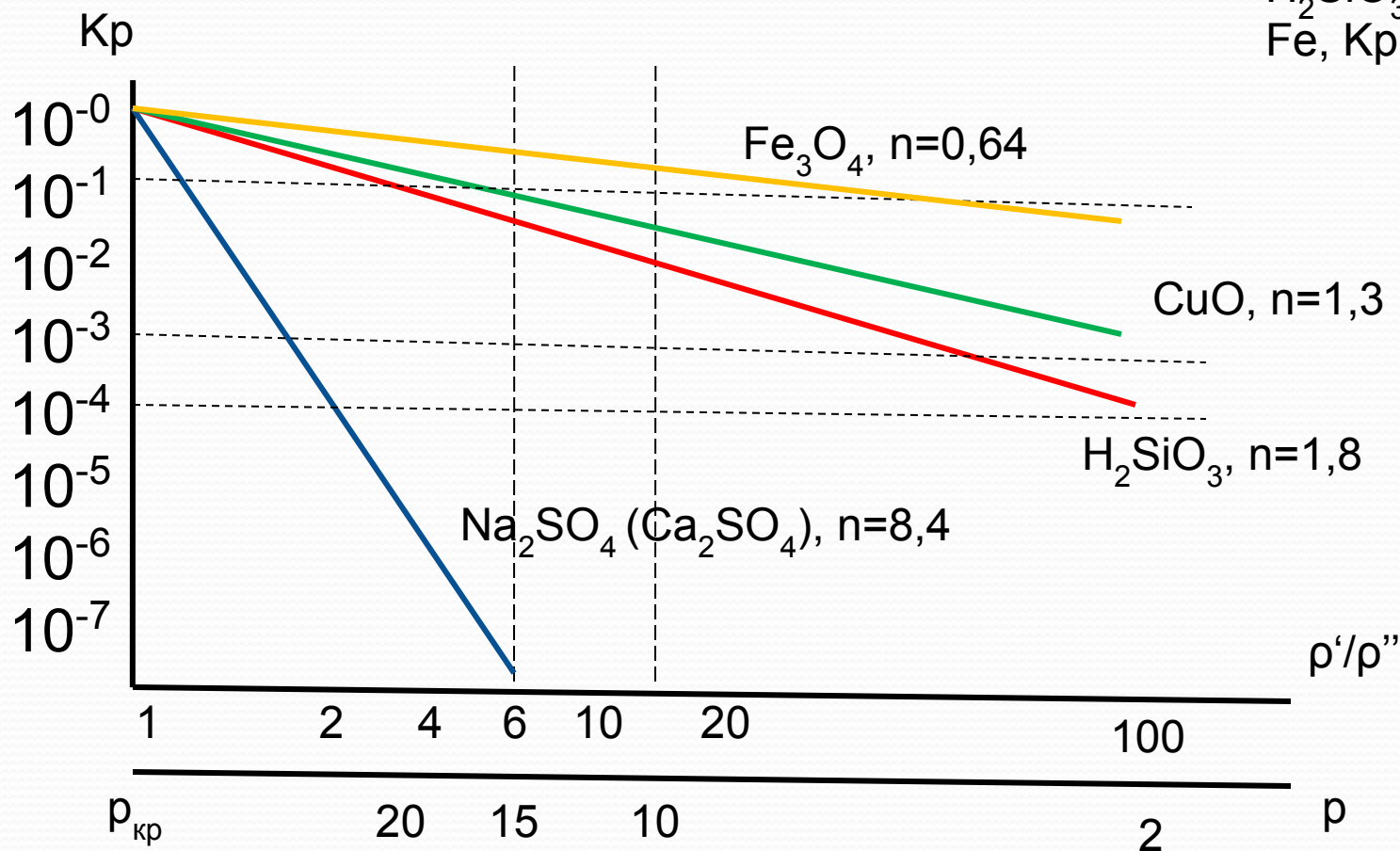


Лучевая диаграмма

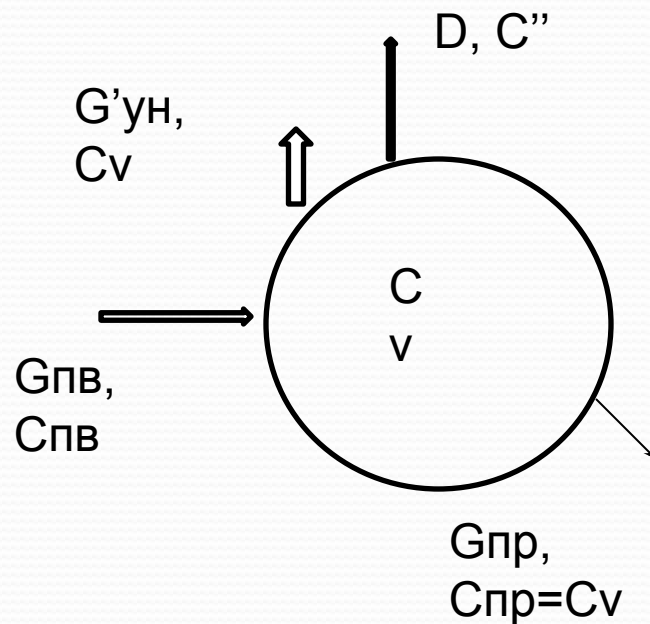


Лучевая диаграмма

Na, $K_p=0$
 H_2SiO_3 , $K_p=0,035$
 Fe, $K_p=0,15$



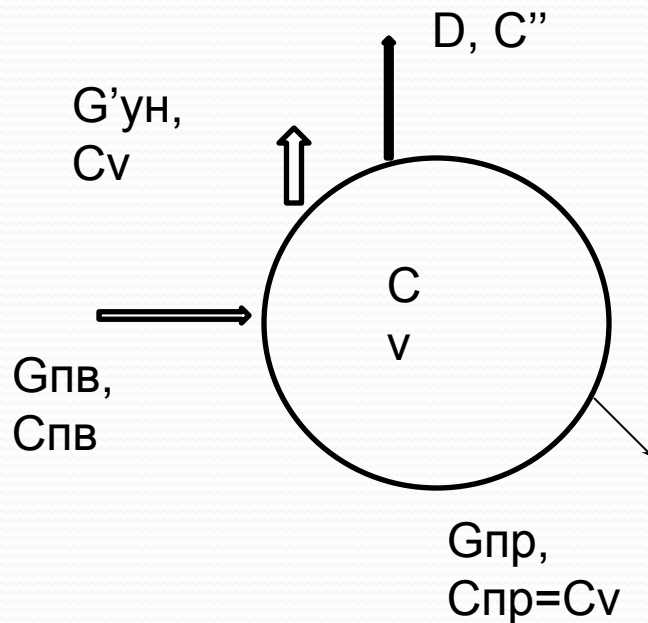
Растворение примесей в паре



$$C_v = C_{пв} \frac{1 + P + \omega}{P + \omega + K_p}$$

Основные цифры:
Fe, $r=140$ ата, $\omega=0,002$, $K_p=0,15$

Растворение примесей в паре



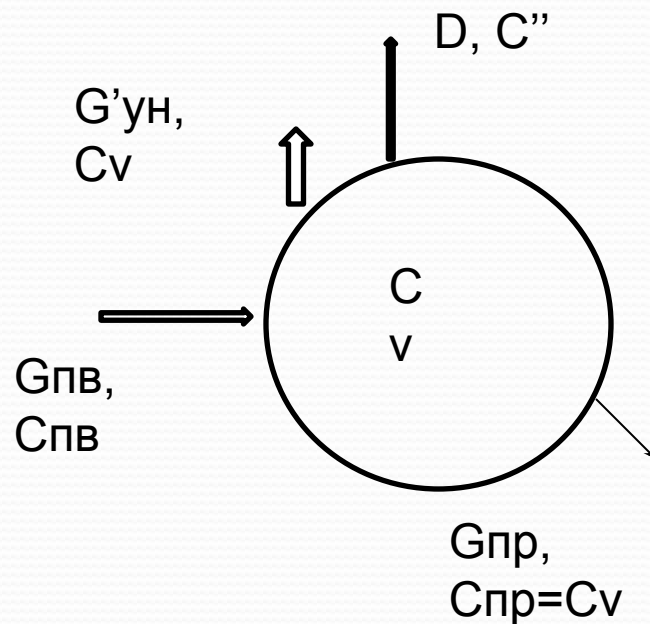
$$C_v = C_{пв} \frac{1 + P + \omega}{P + \omega + K_p}$$

Основные цифры:

Fe, $p=140$ ата, $\omega=0,002$, $K_p=0,15$

Без уноса в влагой: $C_v=101$

Растворение примесей в паре



$$C_v = C_{пв} \frac{1 + P + \omega}{P + \omega + K_p}$$

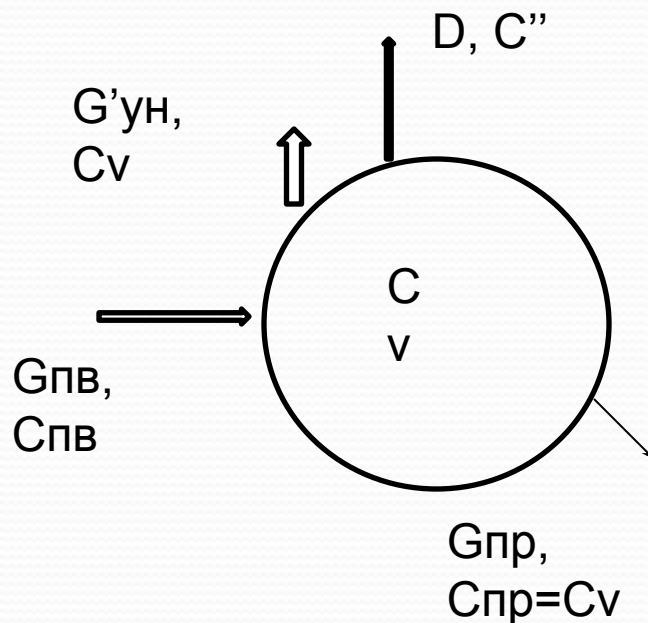
Основные цифры:

Fe, $r=140$ ата, $\omega=0,002$, $K_p=0,15$

Без уноса в влагой: $C_v=101$

С уносом с влагой: $C_v=84$

Растворение примесей в паре



$$C_v = C_{пв} \frac{1 + P + \omega}{P + \omega + K_p}$$

Основные цифры:

Fe, $p=140$ ата, $\omega=0,002$, $K_p=0,15$

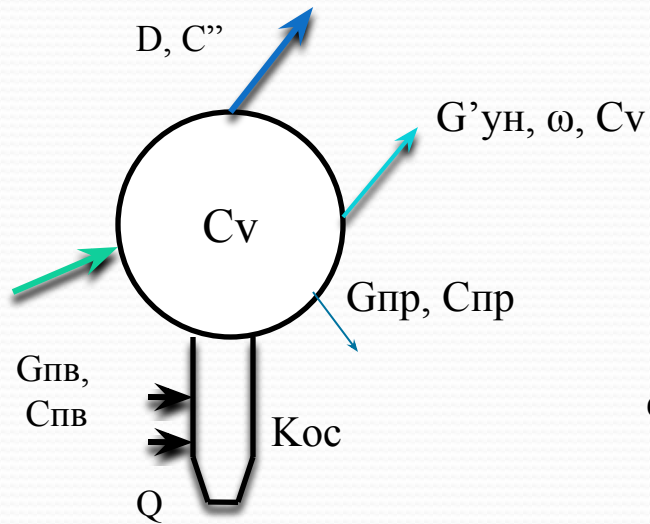
Без уноса в влагой: $C_v=101$

C уносом с влагой: $C_v=84$

C раств. в паре: $C_v=6,25$

ВАЖНО!!! K_p – только в знаменателе,
Т.к. нет выноса массы!!!

ОДНОМЕРНАЯ РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ



Одноступенчатое испарение

$$S_v = S_{\text{пр}} = S_{\text{пв}} \frac{1 + P + \omega}{P + \omega + K_p + K_{oc}}$$

$$\omega \gg P, K_p = 0, K_{oc} = 0$$

$$S_v = S_{\text{пв}} \frac{1 + \omega}{\omega}$$

$$K_p \gg P, K_p \gg \omega$$

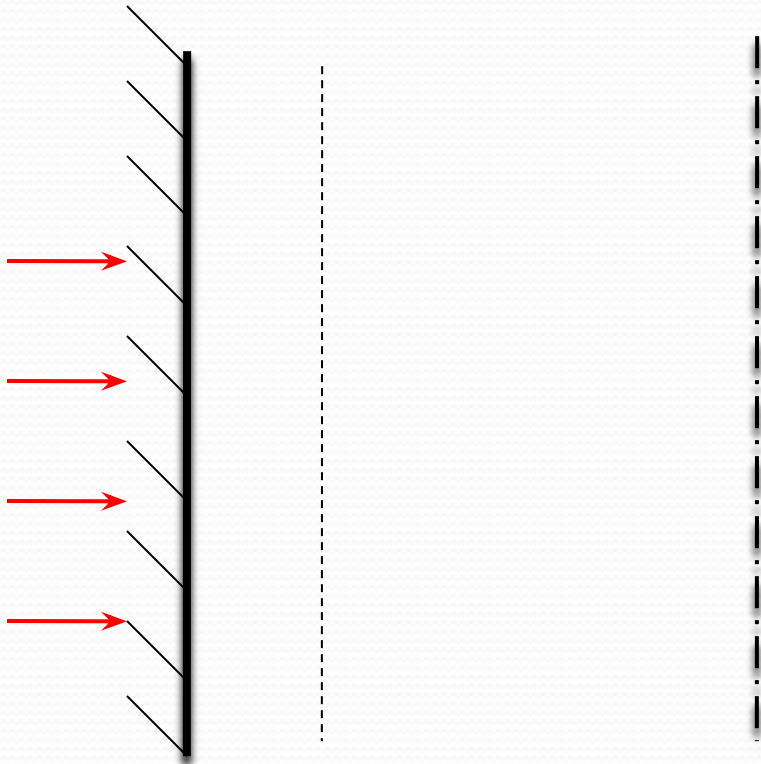
$$S_v = S_{\text{пв}} \frac{1}{K_p}$$

$$K_{oc} \gg P, K_{oc} \gg \omega$$

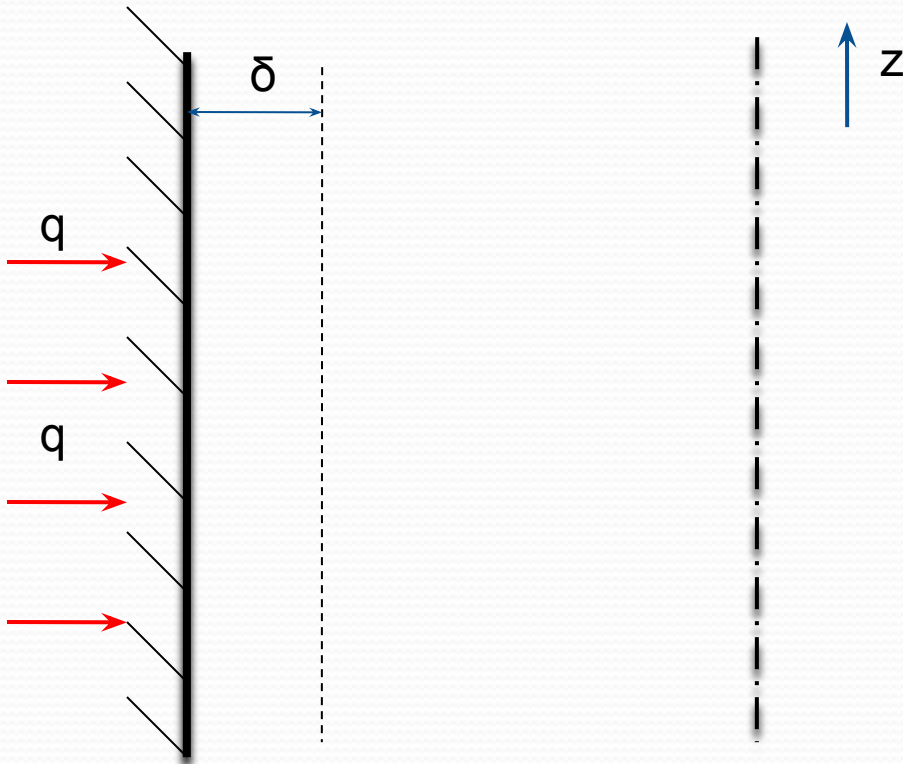
$$S_v = S_{\text{пв}} \frac{1}{K_{oc}}$$

Микрораспределение примесей

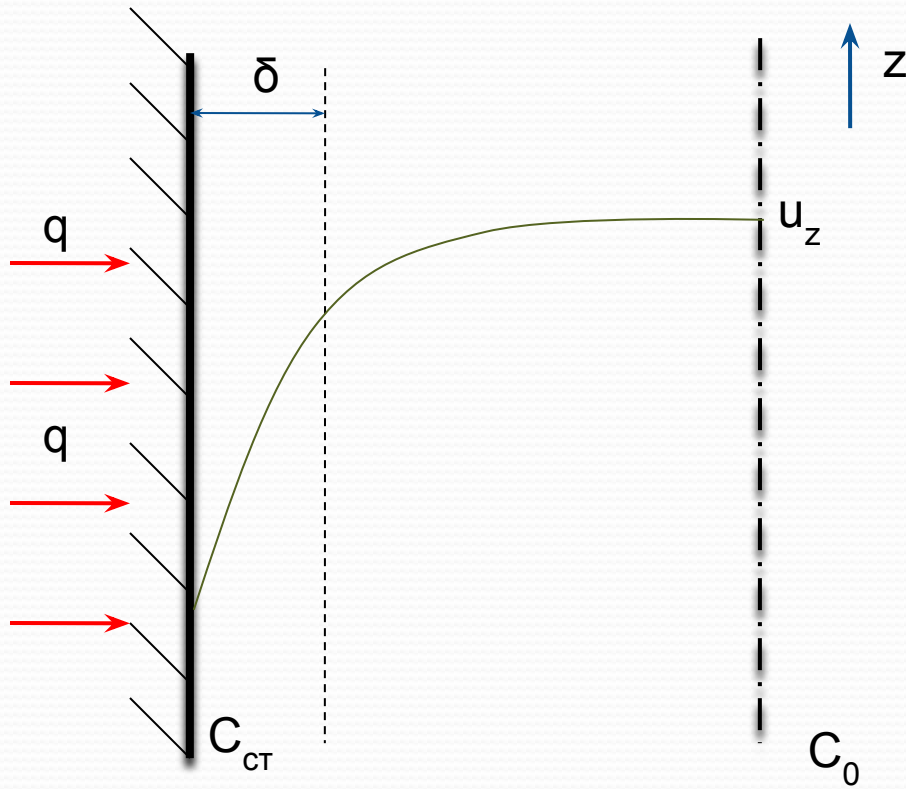
Микрораспределение примесей



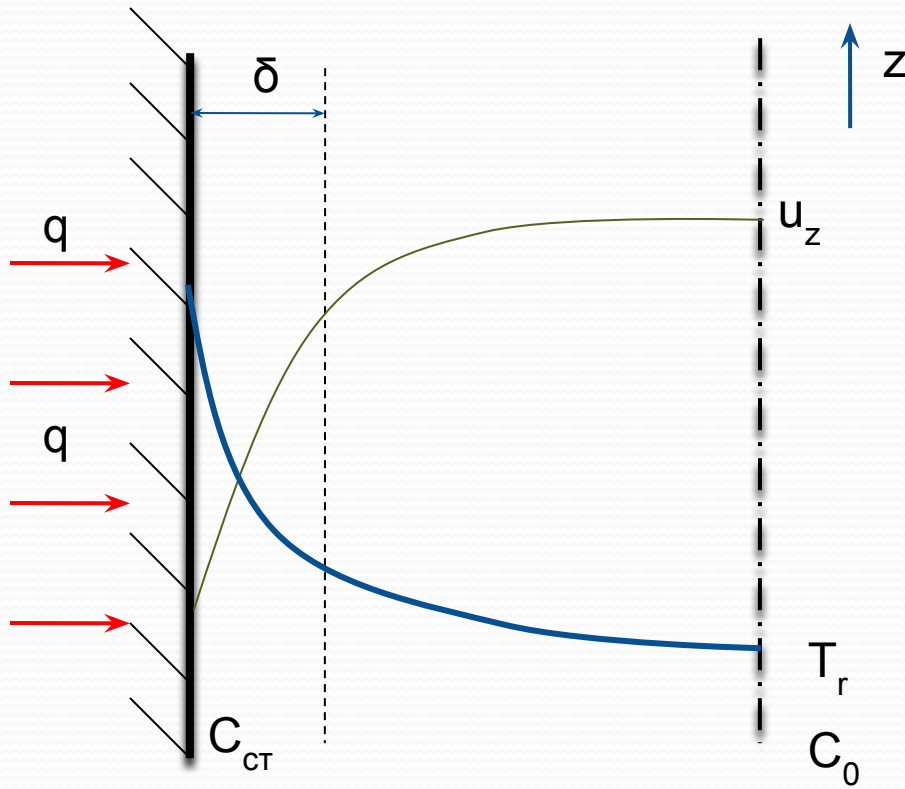
Микрораспределение примесей



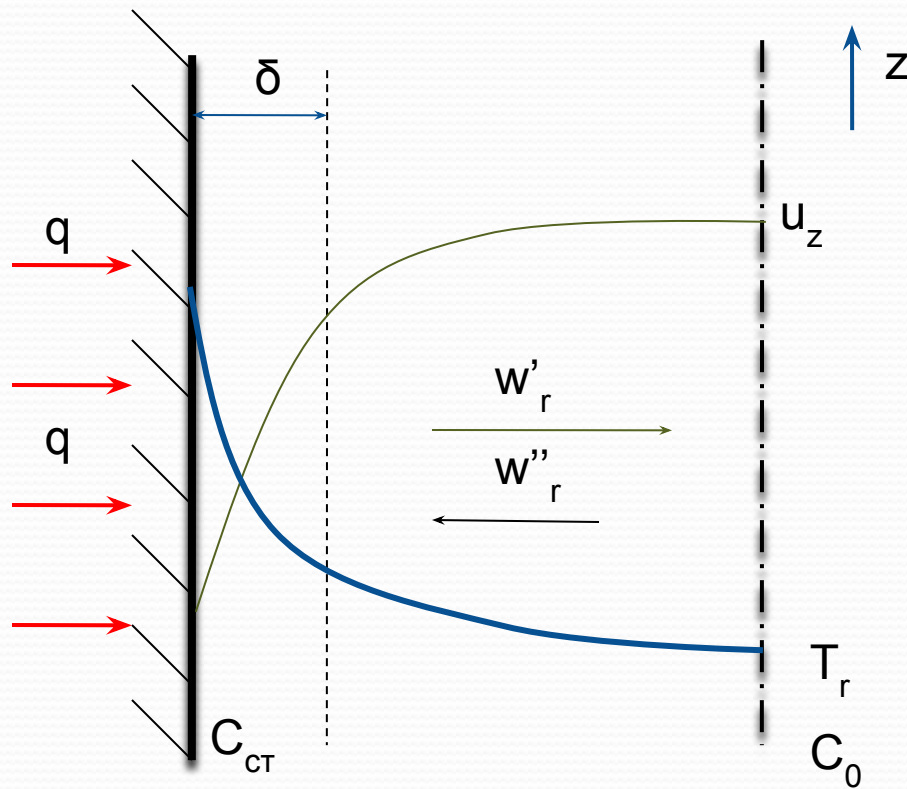
Микрораспределение примесей



Микрораспределение примесей



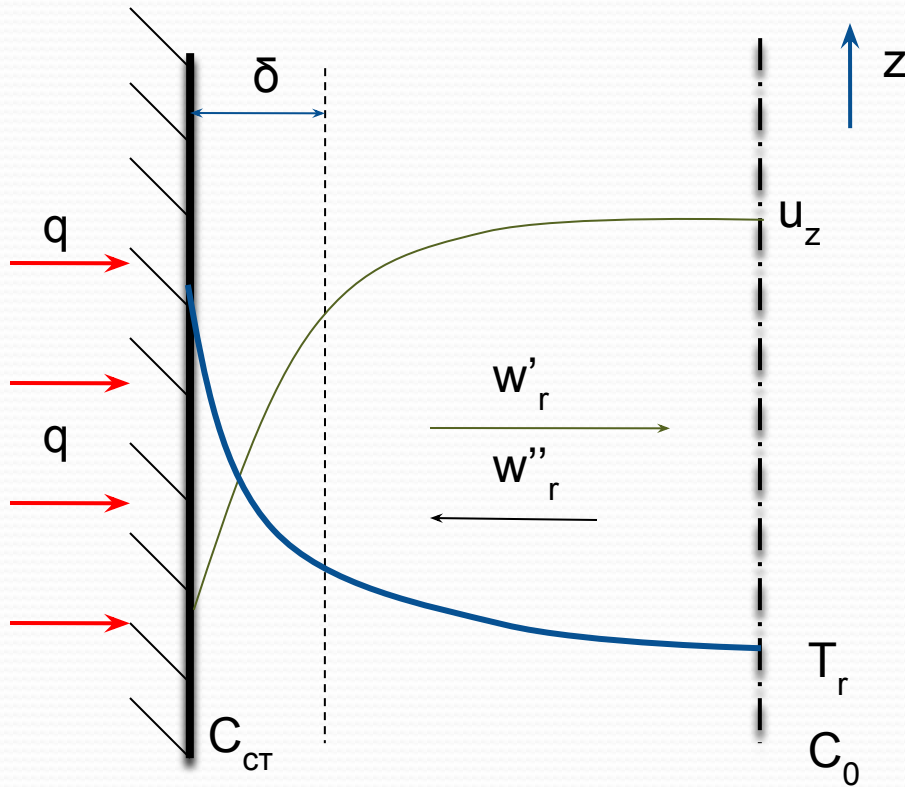
Микрораспределение примесей



Уравнение диффузии

$$j = -D \frac{d\rho}{dr} = -\frac{D}{\delta} (C_{ст} - C_0)$$

Микрораспределение примесей



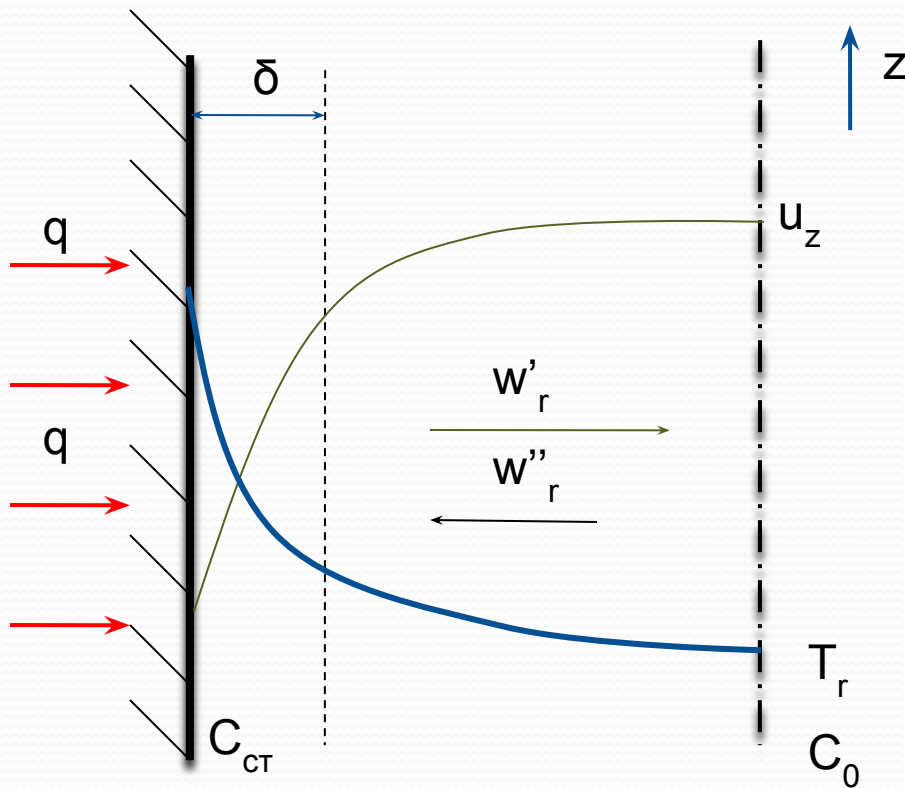
Уравнение диффузии

$$j = -D \frac{d\rho}{dr} = -\frac{D}{\delta} (C_{ст} - C_0)$$

Уравнение массопереноса

$$w'_r = \frac{q}{r\rho'} \quad w''_r = \frac{q}{r\rho''}$$

Микрораспределение примесей



Уравнение диффузии

$$j = -D \frac{d\rho}{dr} = -\frac{D}{\delta} (C_{ст} - C_0)$$

Уравнение массопереноса

$$w'_r = \frac{q}{r\rho'} \quad w''_r = \frac{q}{r\rho''}$$

Солевой баланс

$$\rho' w'_r C_0 = \frac{D}{\delta} (C_{ст} - C_0) + \rho' w''_r C_{ст} K_p$$

Коэффициент концентрирования

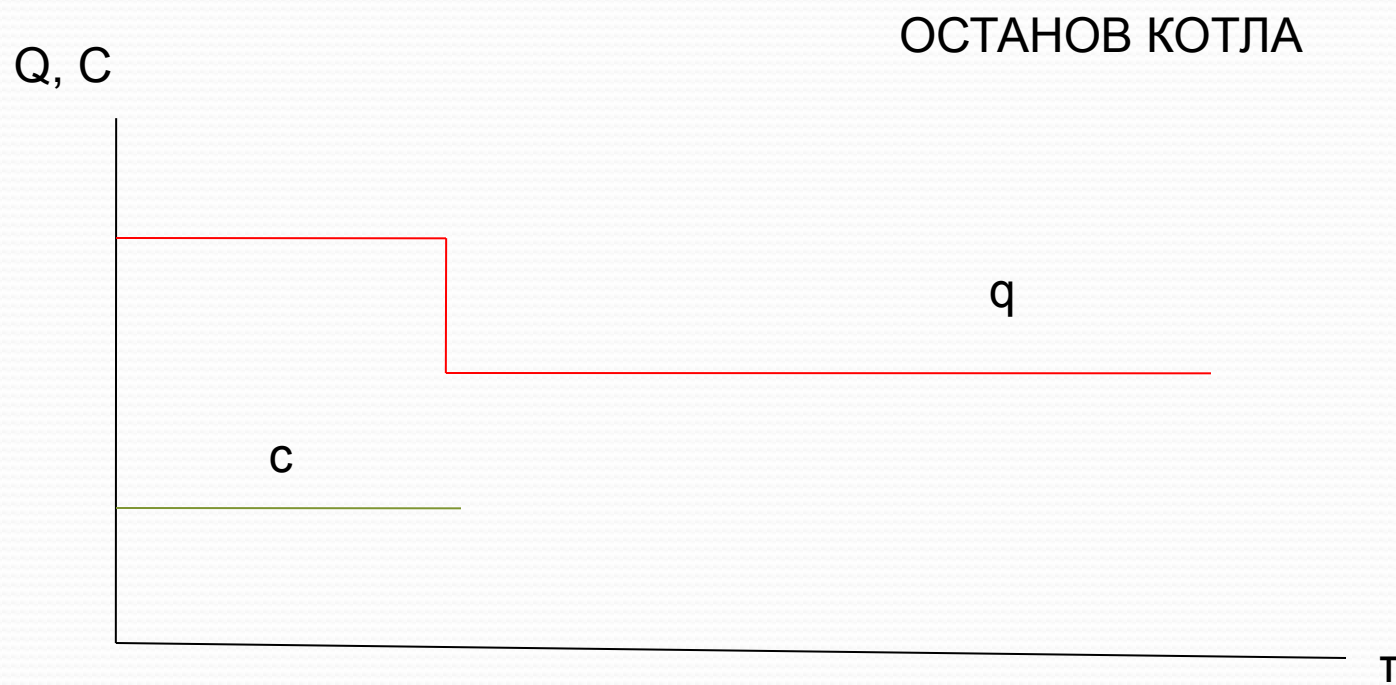
Физический смысл:

Отношение концентрации примесей у стенки
(в вязком подслое) к концентрации на оси потока.

Решение трех уравнений (диффузии, количества движения
и солевого баланса) дают окончательное соотношение:

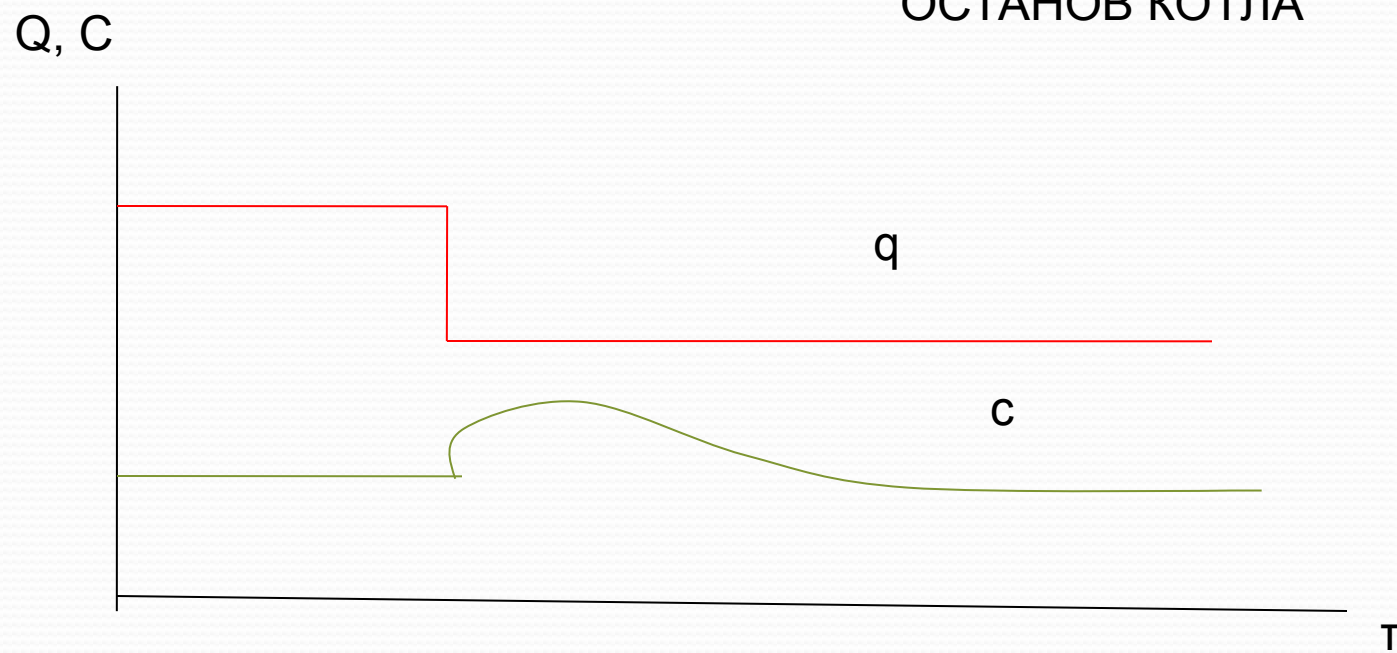
$$K_k = \frac{C_{ст}}{C_0} = \frac{1 + \frac{q\delta}{r\rho'D}}{1 + \frac{q\delta K_p}{r\rho''D}}$$

HIDE OUT

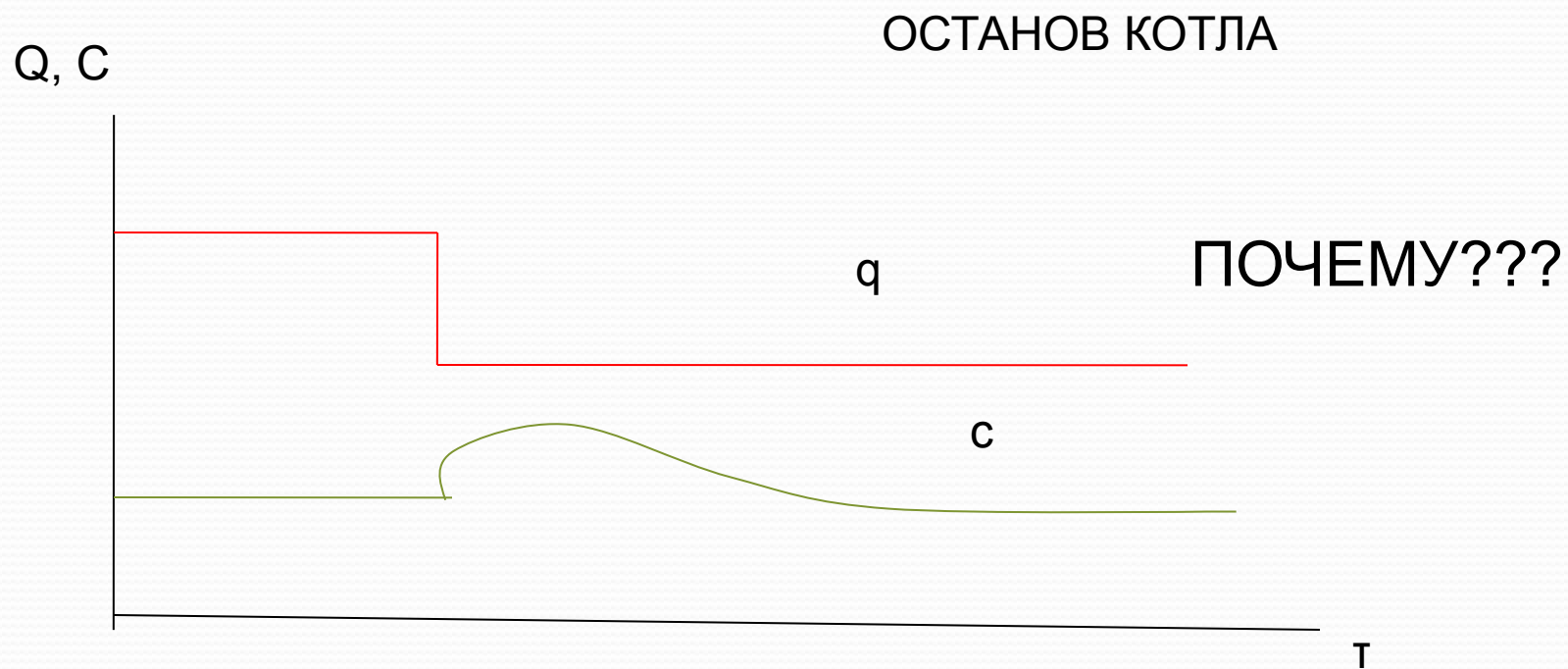


HIDE OUT

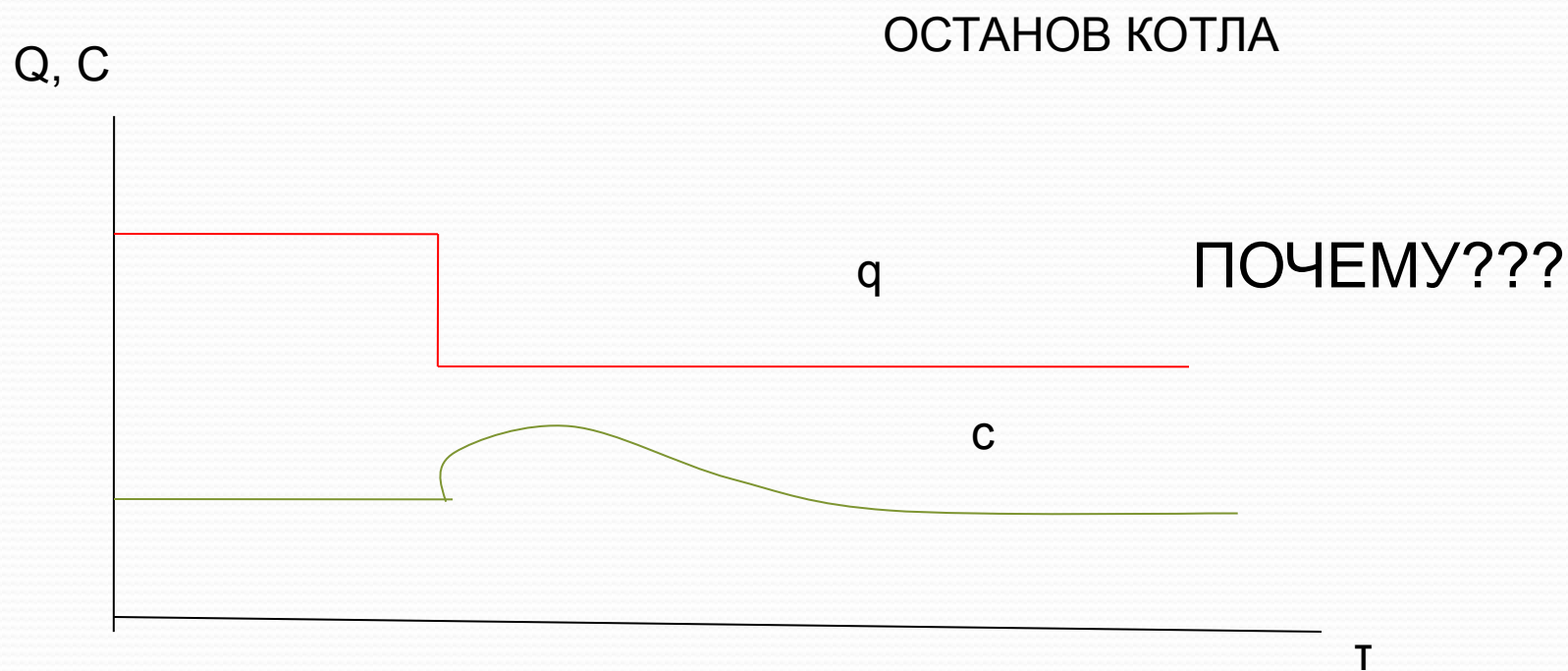
ОСТАНОВ КОТЛА



HIDE OUT

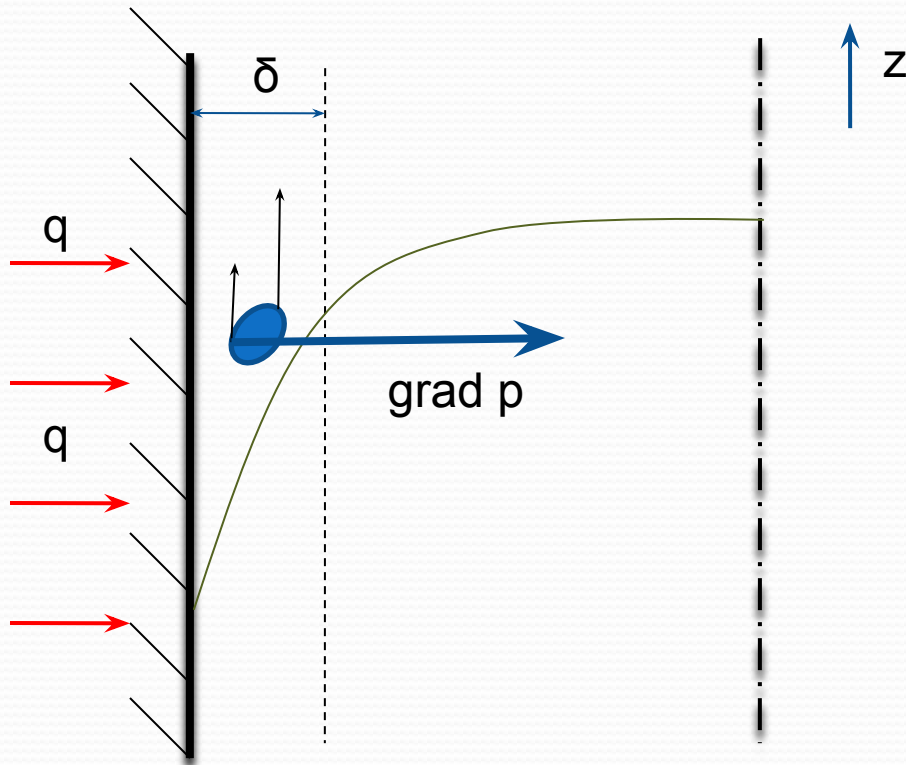


HIDE OUT

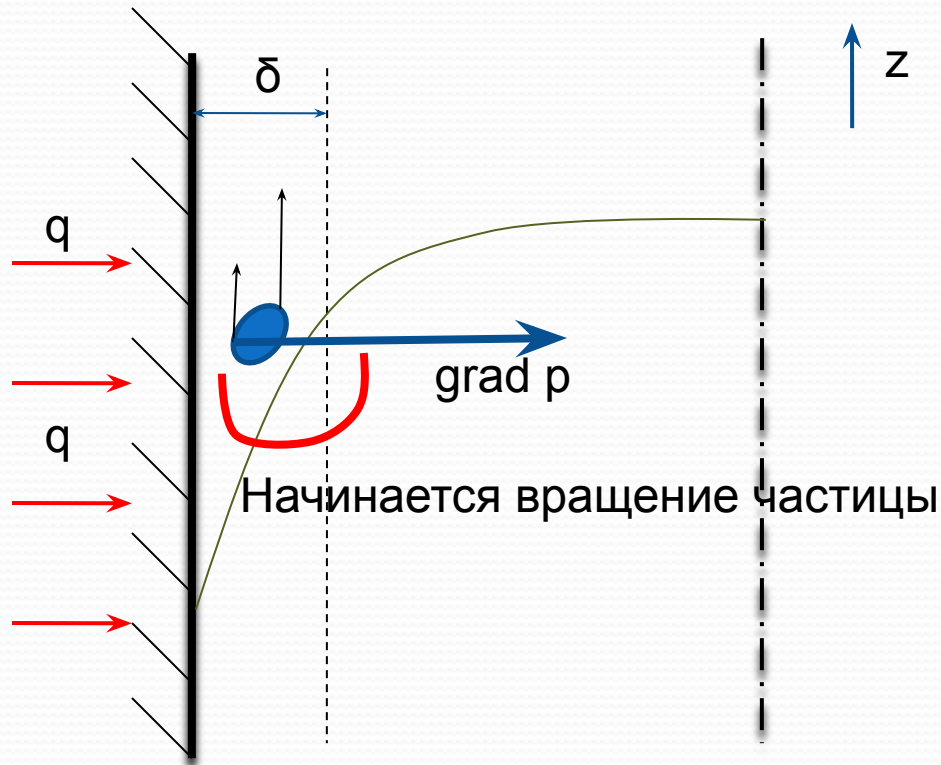


w'_r несет не только растворенные примеси, но твердые частички

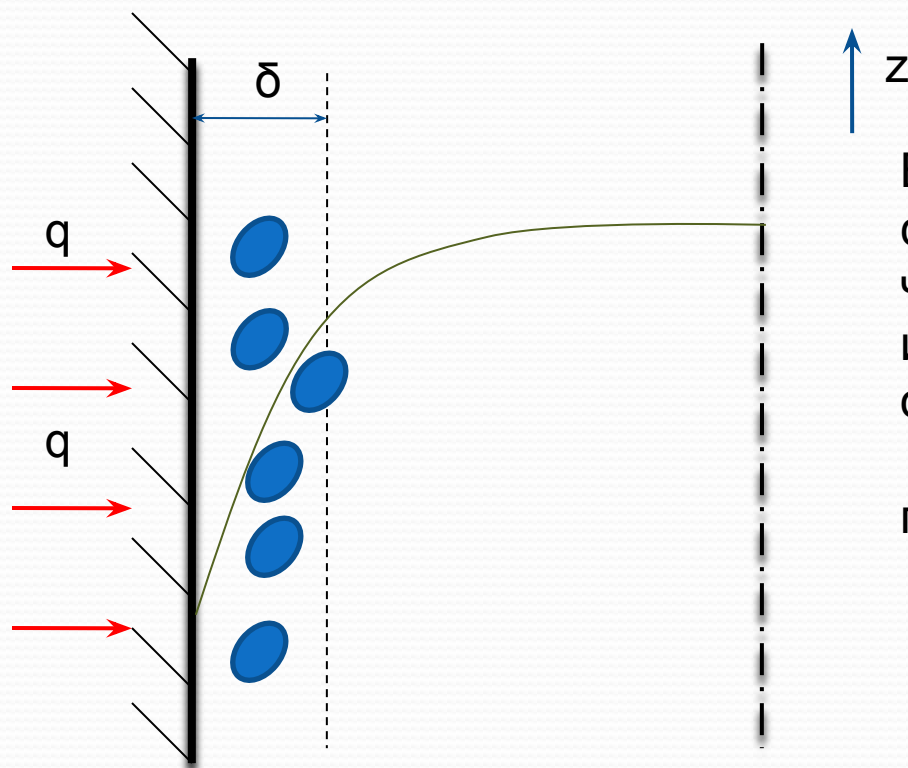
Микрораспределение примесей



Микрораспределение примесей



Микрораспределение примесей



В вязком подслое наблюдается синхронное вращение частиц. При изменении нагрузки изменяется величина градиента осевого давления, что влечет за собой либо резкое выпадение примесей на стенку, либо вынос на ось потока с дальнейшим осаждением в барабане в виде шлама

Спасибо за внимание

