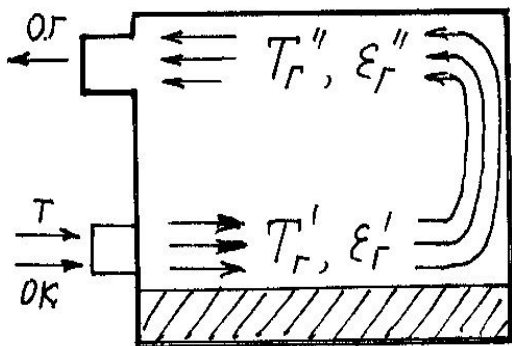


Направленный прямой и направленный косвенный радиационные режимы внешнего теплообмена (РРВТ).
Учет конвективной составляющей $Q_{p,m}$ и область существования РРВТ. Пути интенсификации РРВТ. Внешний теплообмен в слоевых ТТР.

Направленный прямой и направленный косвенный РРВТ

Направленный прямой РРВТ:



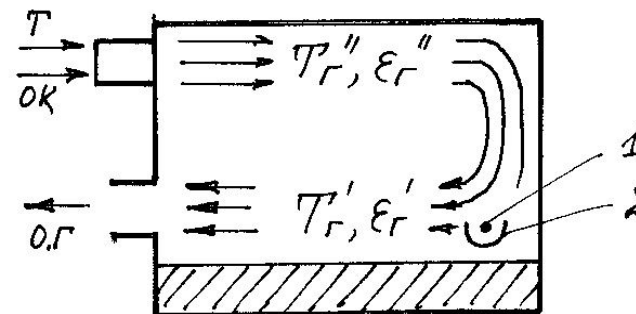
$q_{Г-М}^{Л} \gg q_{Г-К}^{Л}$; условия реализации: $\varepsilon'_2 > \varepsilon''_2$

$$T'_2 > T''_2$$

при $T_K^{HK} > T_K^{PP}$: $Q_{cm}^{Л,HK} = Q_{cm}^{Л,PP}$

Область применения: ВТК плавильных ВТУ.

Направленный косвенный РРВТ:



$q_{Г-М}^{Л} \ll q_{Г-К}^{Л}$; условия реализации: $\varepsilon'_2 < \varepsilon''_2$

$$T'_2 < T''_2$$

при $T_K^{HK} = T_K^{PP}$: $Q_{cm}^{Л,HK} < Q_{cm}^{Л,PP}$

Область применения: среднетемпературные ТК нагревательных ВТУ.

Расчет $Q_{p.m}^L$ в ТТР с направленным РРВТ.

зональный ← Методы расчета → приближенный

**Учет конвективной составляющей $Q_{p.m}$
и область существования РРВТ**

→ Эмпирический метод: $Q_{см} = \varphi_k Q_{см}^L$; $\varphi_k = 1,05 \dots 1,17$

→ Расчетный: рассчитывается α_k и $Q_{см} = (\alpha_l + \alpha_k) F_M (T_2 - T_M)$

$$\alpha_l = \frac{\sigma_v (T_2^4 - T_M^4)}{T_2 - T_M} = \sigma_v T_2^3 \left(1 + \left(\frac{T_M}{T_2} \right)^2 \right) \left(1 + \left(\frac{T_M}{T_2} \right) \right) \Rightarrow \alpha_l = (1 \dots 4) \sigma_v T_2^3$$

Область существования РРВТ: – если $\sigma_v \approx \sigma_0$, а $\alpha_k \leq 10 \frac{Вт}{м^2 К}$, то $\frac{\alpha_l}{\alpha_k} \geq 10$, если $T_{эфф} \geq 1000 \dots 1100 К$;

– если же $\sigma_v \ll \sigma_0$, а $\alpha_{конв} \geq 10^1 - 10^2$, то РРВТ отсутствует при любой $T_{эфф}$, а

имеет место либо смешанный, либо конвективный.

ВНЕШНИЙ ТЕПЛООБМЕН В СЛОЕВЫХ ТТР

Внешний теплообмен в ТТР с фильтруемым плотным слоем кускового материала

Аэромеханические условия (в сравнении с таковыми в ТТР с нефилтруемым слоем технологического материала):

1) $V_{CB} \approx 0; k_v \approx 0;$

2) только кусковой технологический материал: $d \approx 10^{-2}$ м.

3) скорость газа W_{Γ} ограничена стабильностью плотного слоя: $W_{\Pi} < W_{кр}$

$$Re_{кр} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad W_{кр} \approx d^2$$

$$Ar = \frac{g d^3 \rho_M}{v_{\Gamma}^2 \rho_{\Gamma}} \quad Re_{кр} = \frac{W_{кр} d}{v_{\Gamma}} \quad W_{кр} \approx 10^0, \text{ м/с, } \text{С ростом } W_{кр} \text{ растет и } \Delta p$$

Для интенсификации конвективного теплообмена целесообразно уменьшать d ,

но при этом будет снижаться и $W_{кр}$

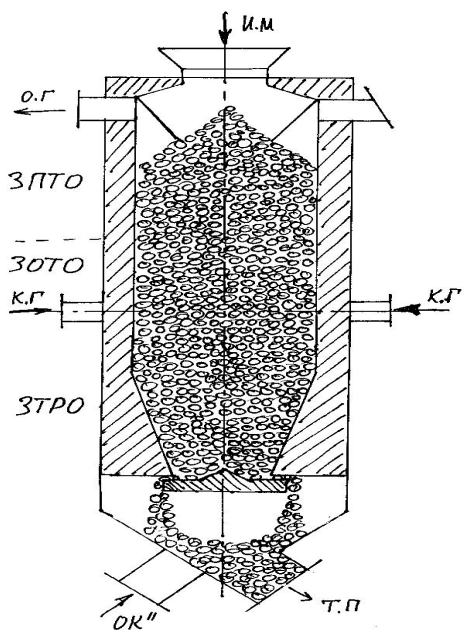
4) Порозность слоя $\varepsilon_v \approx 0,5$

5) $\alpha_K^f = 10^1 \dots 10^2$ Вт/(м² К) .

6) $\alpha_K^f \ll \alpha_{\text{Л}}$

7) В силу противотока и истирания $\overline{m_{yH}} = 10^{-1}\%$

8) Коэффициент однородности тепловой обработки $k_q = 4\dots 6$



Теплообмен: $Q_{см} = \alpha_k^F F_M (T_2 - T_M)$; $Nu = 0,106 Re$; $Re = 20...200$

$$Nu = 0,61 Re^{0,67}; Re > 200$$

Пути интенсификации ВТ: при $d = const$: $W_2 \uparrow$, $W_n \rightarrow W_{кр}$, но $\Delta p \uparrow$

Переход к кипящему слою и псевдогазовому слою.

Внешний теплообмен в ТТР с кипящим слоем материала

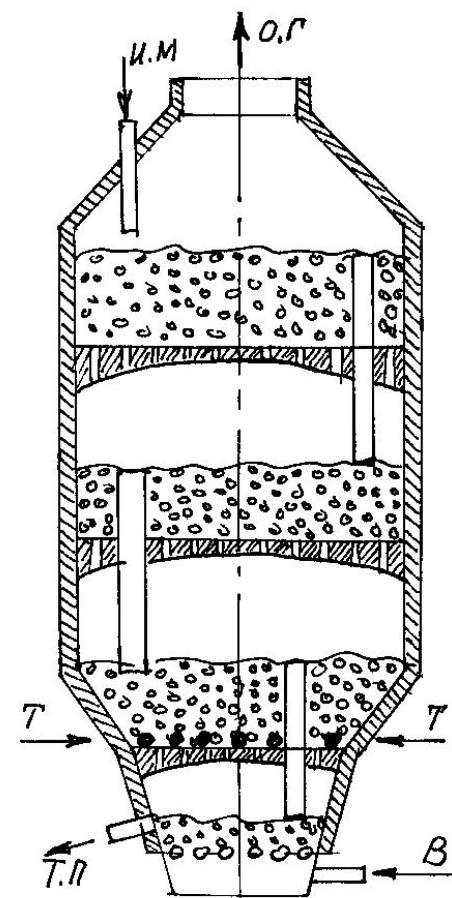
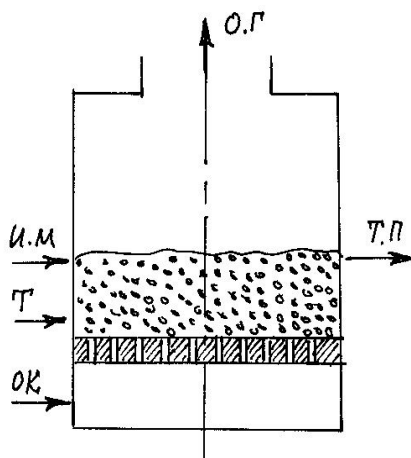
Зернистый ТМ, $d \approx 10^{-3} \dots 10^{-4}$ м.

Характеристики: $\varepsilon_v \approx 0,6$

$$k_v = 4$$

$k_q \geq 10$; в однокамерном РП противотока нет.

Переход к многокамерному ТТР. $m_{ун} = 10^0 \dots 10^1\%$, комбинация с другими камерами (циклонными).



Внешний теплообмен в ТТР с псевдогазовым (взвешенным) слоем пылевидных материалов

Размер частиц $d \leq 10^{-4}$ м

$$W_n^{ngc} > W_v; \quad Re = \frac{Ar}{(18 + 0,61\sqrt{Ar})}$$

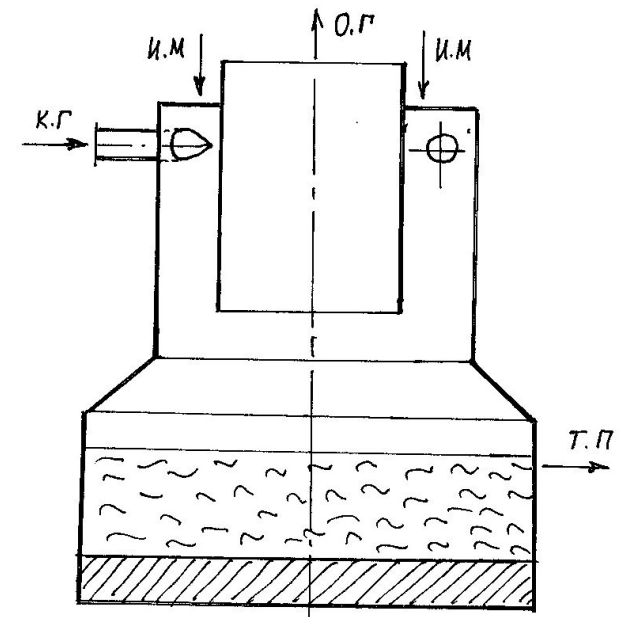
В отличие от плотного слоя и кипящего слоя – лучепрозрачен, т.к. $\varepsilon_v \geq 0,97$;
 поэтому при высоких $T_{эфф} \uparrow$ $\alpha_{л} = 10^2$ Вт/(м² К), как в ТТР с нефилтруемым слоем.

Несмотря на это, в ТТР с псевдогазовым слоем преобладает конвективный режим ВТ, т.к. $\alpha_{к} \gg \alpha_{л}$ из-за низких значений.

Пример: $Nu = 2$, $d = 30 \times 10^{-6}$, $\lambda_2 = 15 \times 10^{-2}$ ($T_2 = 2000$ К)

$$\frac{\alpha_{к} d}{\lambda_{газ}} = 2 \Rightarrow \alpha_{к} = 10^4 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}.$$

Практически прямоток: $m_{ун} \approx 100\%$, комбинация псевдогазового слоя с нефилтруемым слоем уловленного технологического материала (циклонные плавильные камеры, ПВПК).



ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛОЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

Тип слоя	Нефильтруемый слой	Плотный фильтруемый слой	Кипящий слой	Псевдогазовый слой
Примеры ВТУ	Отражательная печь	Шахтная печь	Печь с кипящим слоем	Кольцевая циклонная камера, ПВПК
$f, \text{м}^2/\text{м}^3$	$10^{-1}-10^0$	10^1-10^2	10^2	10^{-2}
$\alpha, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$	$\alpha_{\text{л}} 10^2$	$\alpha_{\text{к}}, 10^1-10^2$	$\alpha_{\text{к}}, 10^2$	$\alpha_{\text{к}}, 10^3-10^4$
K_g	1	4-6	> 10	1
K_v	2 - 40	0	4	0
ε_v	0 - 0,5	0,5	0,6	0,98
Возможность противотока	да	да	нет	нет
Требования к гранулометрич. составу	нет	Сортированные куски	Сортированные зерна	Пыль
Унос, % (от массы исх. мат-ла)	min	10^{-1}	10^0-10^1	10^0-10^1

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!!!