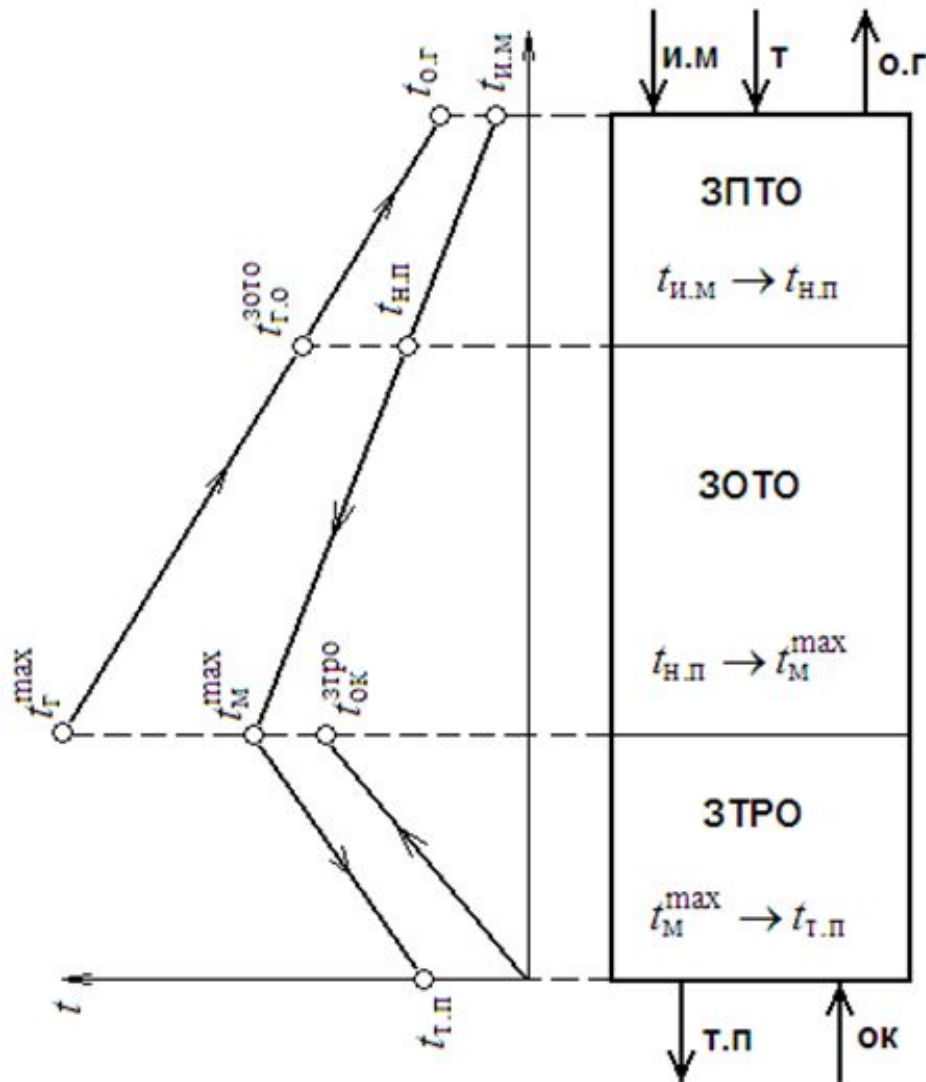


Тепловые балансы отдельных зон теплотехнологического реактора

Пример 1. ТТР шахтного типа с фильтруемым плотным слоем кусковых материалов

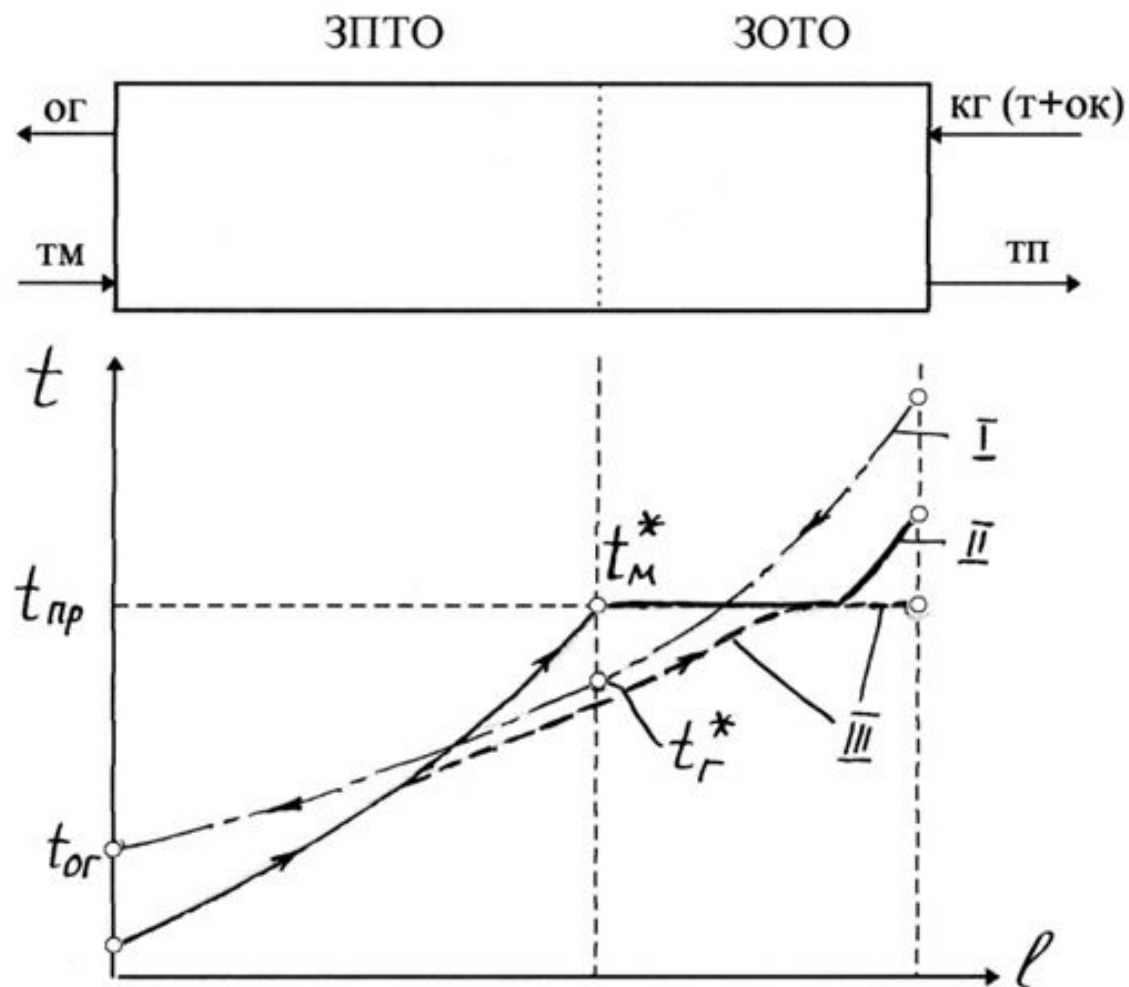


$t_{\text{н.п.}}$ – температура начала превращений

а) Граница ЗОТО-ЗПТО. Если $t_{\text{о.г.}}^{\text{ЗОТО}} < t_{\text{н.п.}}$, то при заданных ГУ процесс термодинамически неосуществим.

б) Граница ЗТРО-ЗОТО. Если $t_{\text{ок}}^{\text{ЗТРО}} > t_{\text{М}}^{\max}$, то нарушен II закон термодинамики при заданной $t_{\text{т.п.}}$.

Пример 2. Расчет характеристик плавильной печи на основе зональных тепловых балансов



I – Температура продуктов горения

II – Заданный температурный график для материала

III – Фактический температурный график для материала (процесс не завершен)

t_{pr} – температура превращения

Исходные данные

$$Q_{o.c} = 0; Q_{ЭНД}^{зото} = 3000 \frac{\text{кДж}}{\text{кг т.п.}}$$

$$t_{пр} = 1000 \text{ } ^\circ\text{C}; t_{т.п} = 1100 \text{ } ^\circ\text{C}; t_{н.м} = t_{г} = t_{ок} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}; m_{н.м} = 1 \frac{\text{кг}}{\text{кг т.п.}}$$

$$Q_{н}^p = 30000 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}; V_{п.г} = 10 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; c_{н.м} = c_{т.п} = 1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}; c_{п.г} = 1 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$$

минимальный перепад температур между газом и материалом $\Delta t_{\text{газ-м}}^{\min} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Решение

1. Составим УТБ ТТР в целом. Найдем удельный видимый расход топлива.

$$Q_{г} + Q_{ок} + Q_{н.м} = Q_{т.п} + Q_{o.г} + Q_{ЭНД} + Q_{o.c}$$

С учетом того, что $Q_{o.c} = Q_{н.м} = Q_{ок} = 0$, получаем

$$bQ_{н}^p = 1 \cdot c_{т.п} \cdot t_{т.п} + bV_{п.г}c_{п.г} \cdot t_{o.г} + Q_{ЭНД}^{зото};$$

$$b = \frac{c_{т.п} t_{т.п} + Q_{ЭНД}^{зото}}{Q_{н}^p - V_{п.г} c_{п.г} t_{o.г}}$$

Примем $t_{o.г} = t_{н.м} + \Delta t_{\text{газ-м}}^{\min} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$. Тогда $b = \frac{1 \cdot 1100 + 3000}{30000 - 10 \cdot 1 \cdot 100} = 0,1414 \frac{\text{м}^3}{\text{кг т.п.}}$

2. Составим УТБ ЗПТО

$$Q_T + Q_{OK} + Q_{H.M} + Q_{G.O}(t_G^*) = Q_{O.G} + Q_M(t_M^* = t_{пр})$$

$$bV_{п.г}c_{п.г} \cdot t_G^* = m_{H.M} \cdot c_{H.M} \cdot t_{пр} + bV_{п.г}c_{п.г} \cdot t_{O.G}$$

$$t_G^* = \frac{m_{H.M} \cdot c_{H.M} \cdot t_{пр} + bV_{п.г}c_{п.г} \cdot t_{O.G}}{bV_{п.г}c_{п.г}} = t_{O.G} + t_{пр} \frac{m_{H.M} \cdot c_{H.M}}{bV_{п.г}c_{п.г}} =$$

$$= 100 + \frac{1 \cdot 1}{0,1414 \cdot 10 \cdot 1} 1000 = 825 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Получили соотношение $t_G^* < t_{пр}$, что недопустимо. При выбранном уровне $t_{O.G}$ процесс нереализуем.

3. Составим УТБ ЗОТО, задавшись условием $t_G^* = t_M^* + \Delta t_{газ-м}^{\min} = t_{пр} + \Delta t_{газ-м}^{\min} = 1100 \text{ } ^\circ\text{C}.$

$$Q_T + Q_{OK} + Q_M(t_M^*) = Q_{T.П} + Q_{G.O}(t_G^*) + Q_{ЭНД};$$

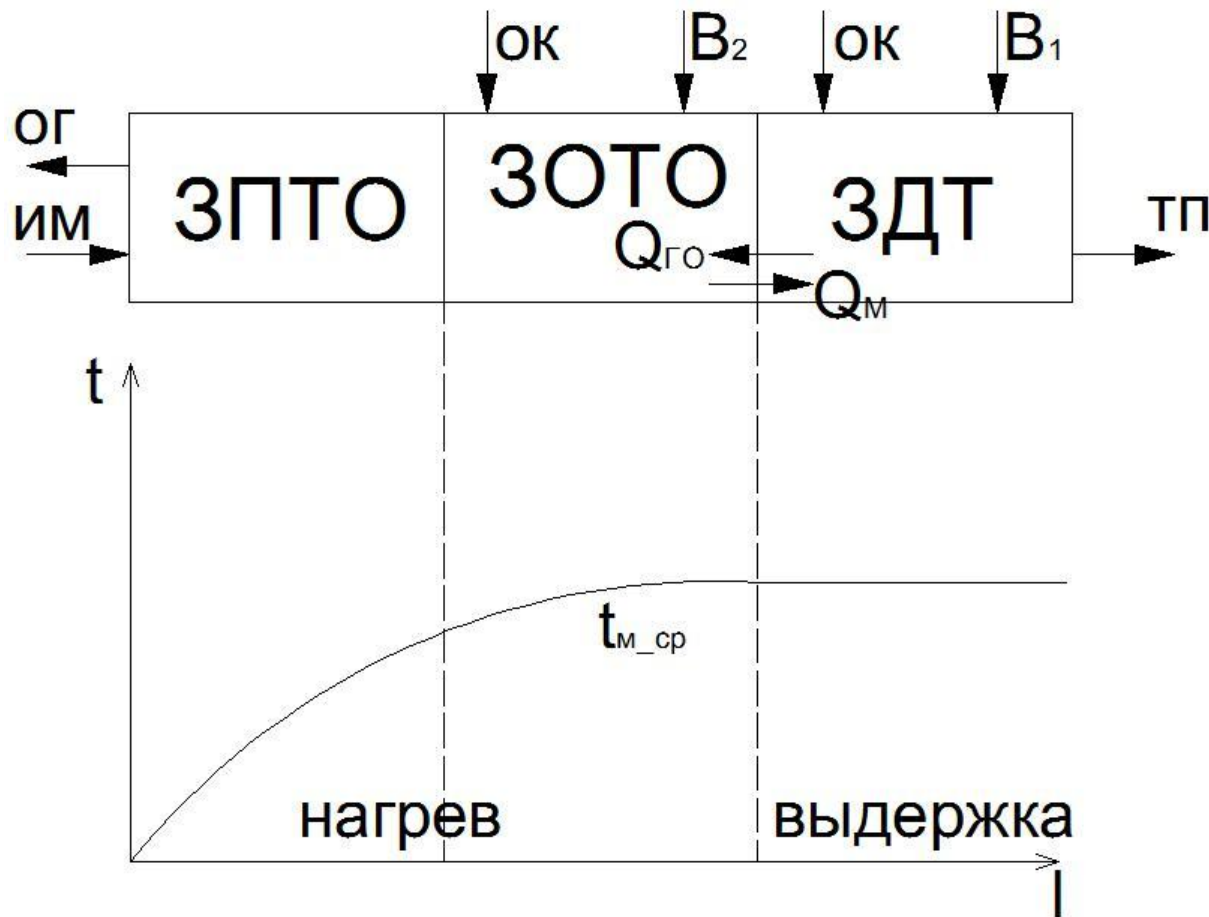
$$bQ_H^P + m_{H.M}c_{H.M} \cdot t_M^* = m_{H.M} \cdot c_{T.П} \cdot t_{T.П} + bV_{п.г}c_{п.г} \cdot t_G^* + Q_{ЭНД}^{ЗОТО};$$

$$b = \frac{m_{H.M}c_{H.M}(t_{T.П} - t_M^*) + Q_{ЭНД}^{ЗОТО}}{Q_H^P - V_{п.г}c_{п.г} \cdot t_G^*} = 0,163 \frac{\text{М}^3}{\text{КГ Т.П.}}$$

$$4. bQ_H^P = 1 \cdot c_{T.П} \cdot t_{T.П} + bV_{п.г}c_{п.г} \cdot t_{O.G} + Q_{ЭНД}^{ЗОТО};$$

$$t_{O.G} = \frac{bQ_H^P - Q_{ЭНД}^{ЗОТО} - m_{H.M} \cdot c_{T.П} \cdot t_{T.П}}{bV_{п.г}c_{п.г}} = 488 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Пример 3. Многозонная методическая печь



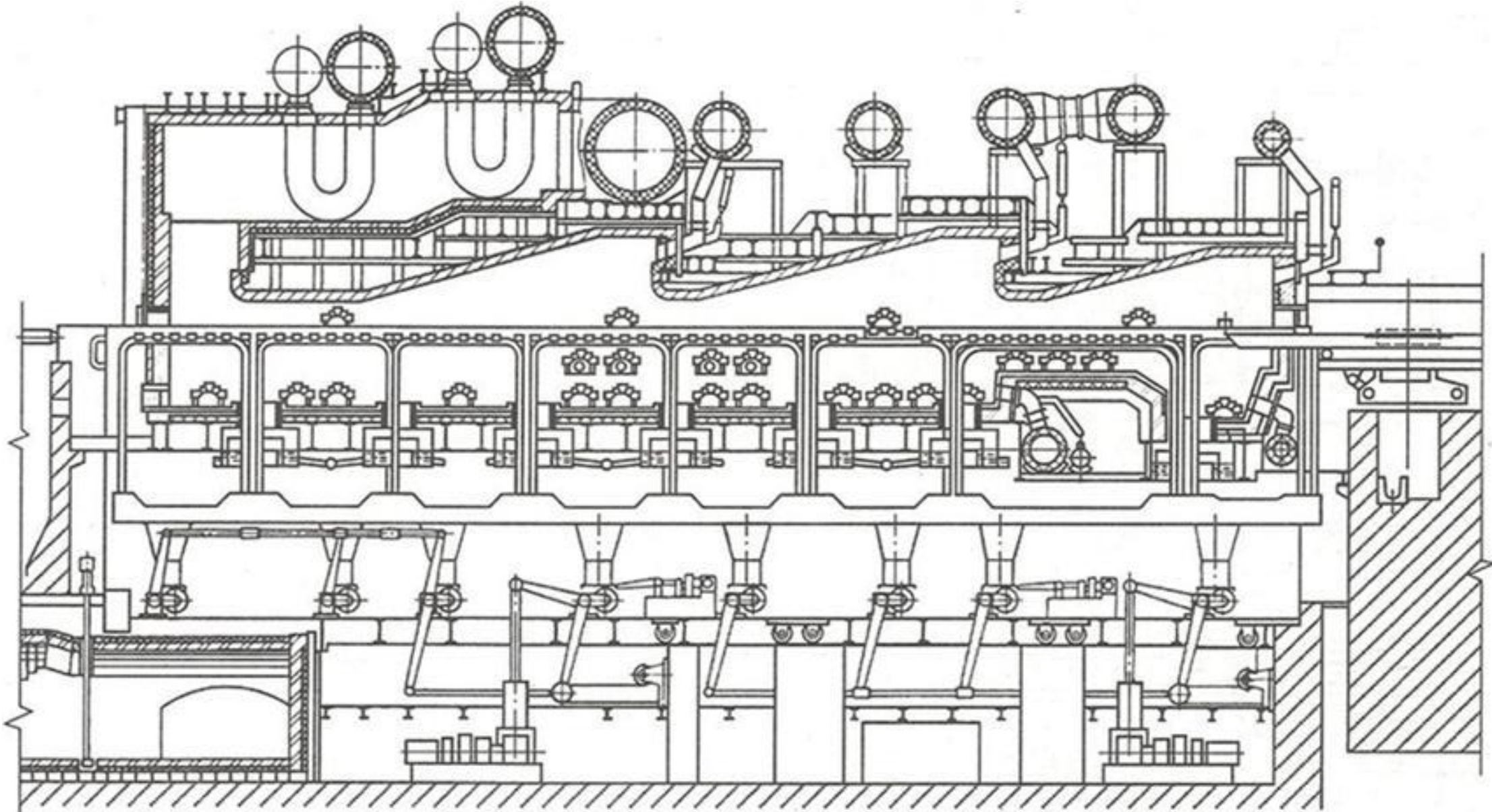
Многозонная печь с шагающим подом

Многоточечный подвод топлива в ТТР.

Из зональных УТБ – расход топлива по зонам либо температурные условия процесса, обеспечивающие выполнение ряда требований:

- максимальный перепад температур по толщине в начальный период нагрева ограничен условиями термических напряжений;
- конечный перепад температур по толщине и конечная средняя температура ограничены условиями однородности и точности нагрева.

Пример 4. Печь периодического действия



$$V - \left[\frac{\text{м}^3}{\text{период}} \right]; \text{ Учет } Q_{\text{акк}}; Q_i - \left[\frac{\text{кДж}}{\text{период}} \right].$$