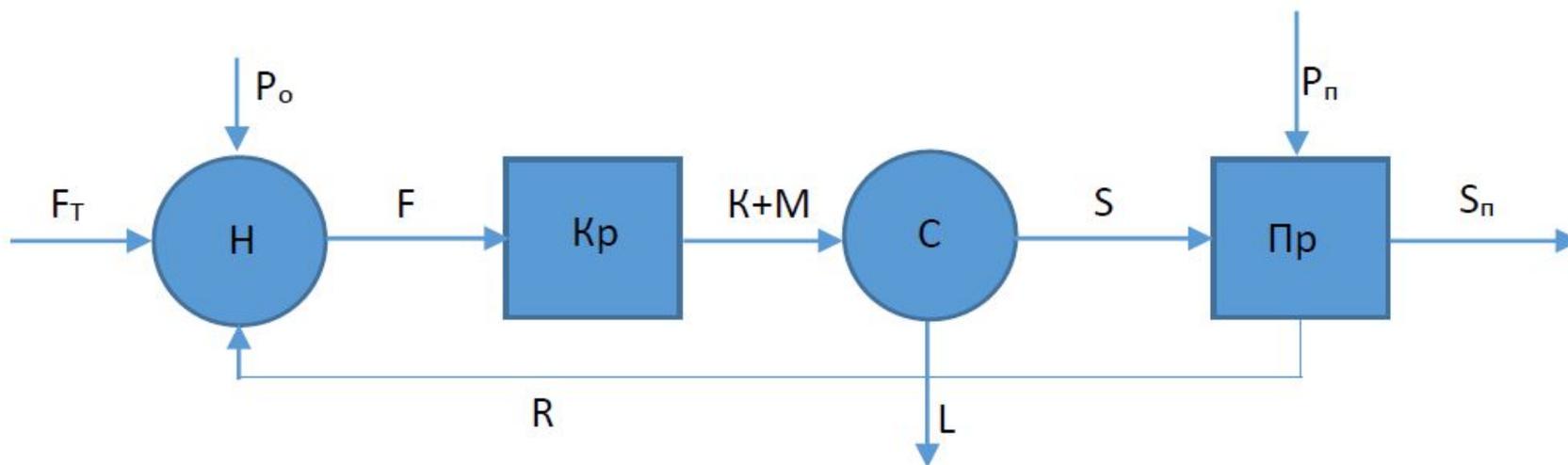


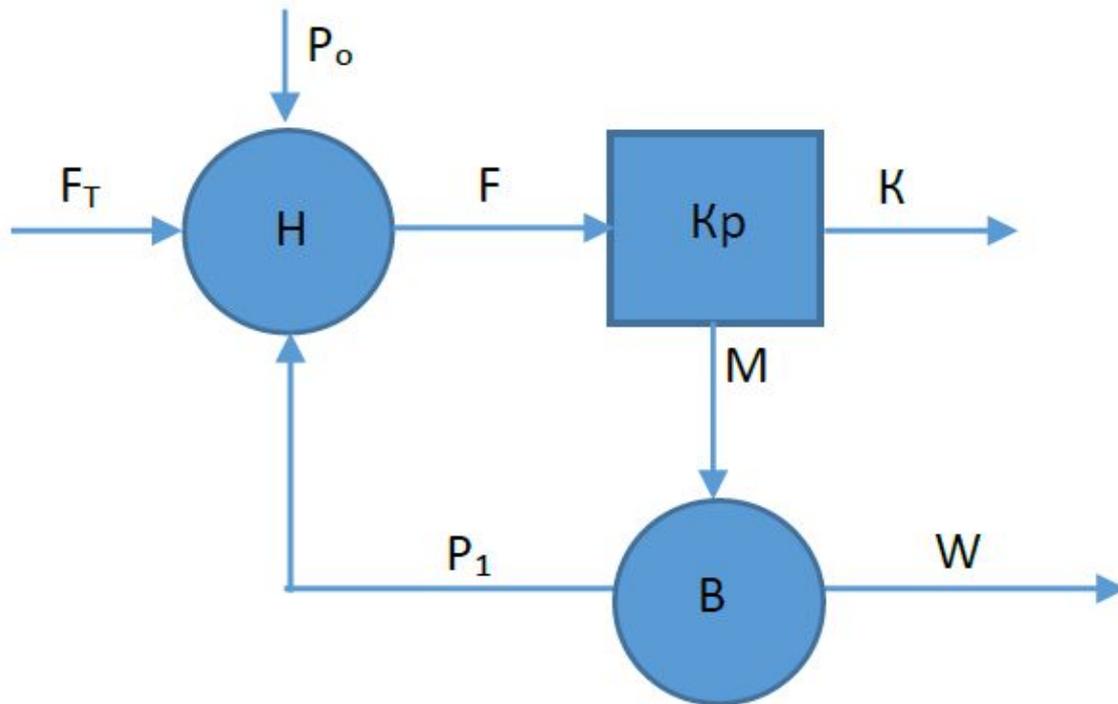
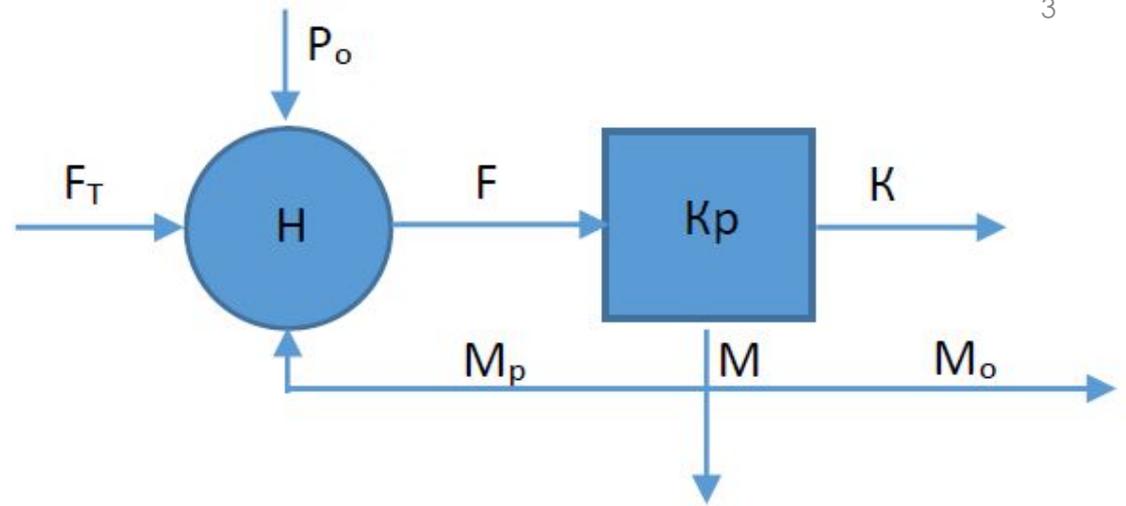


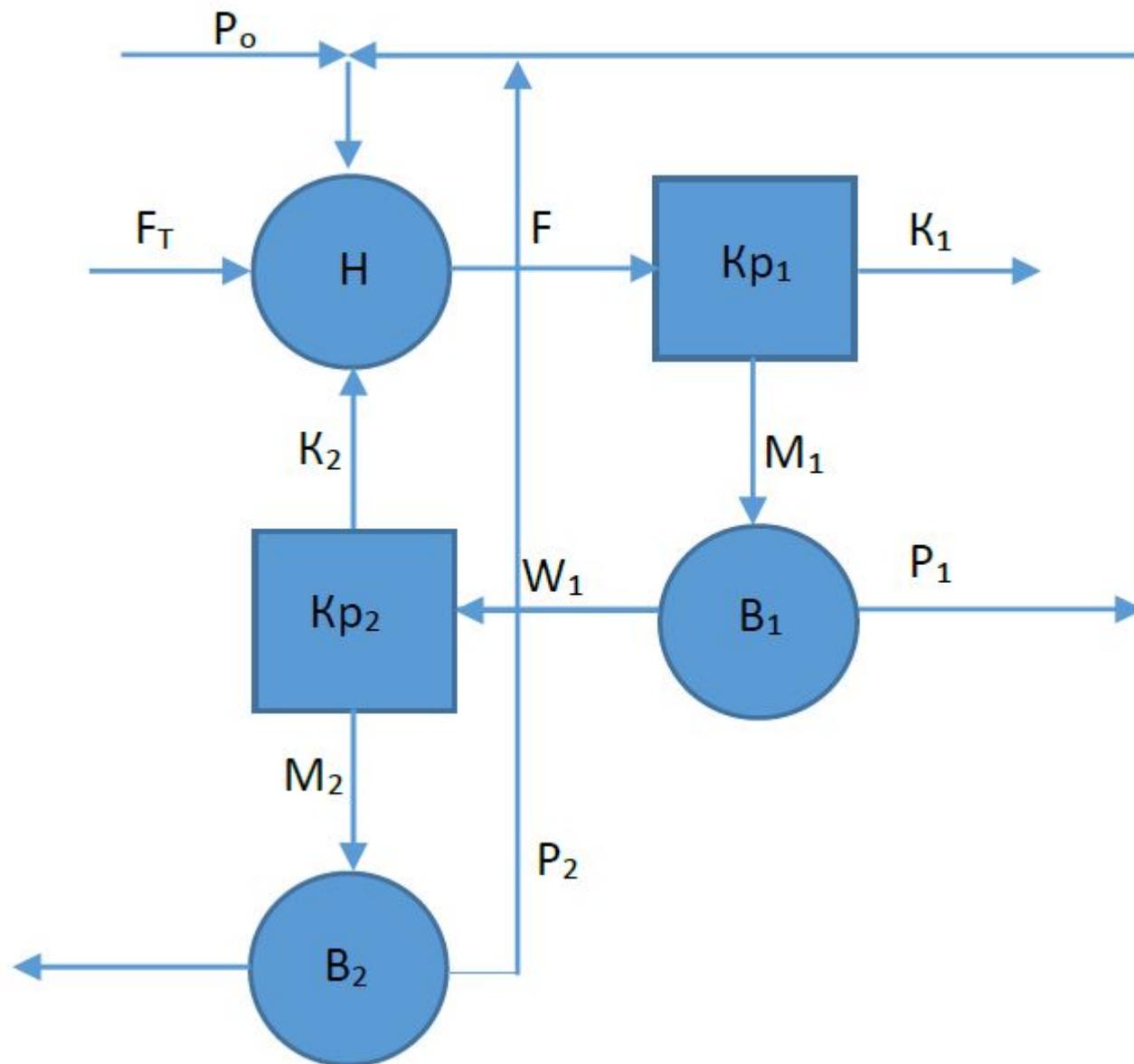
КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ И ДЕСУБЛИМАЦИЯ

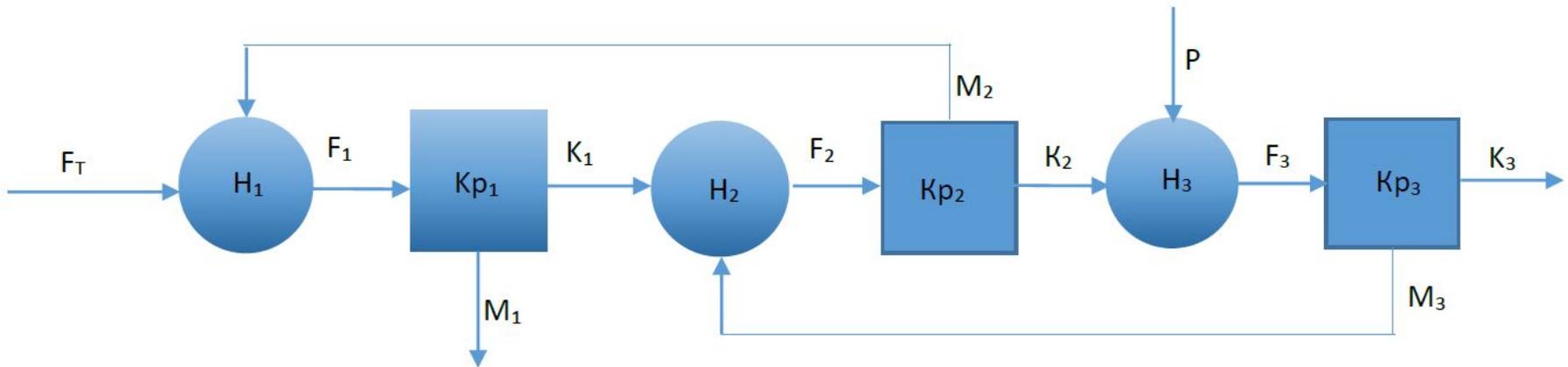
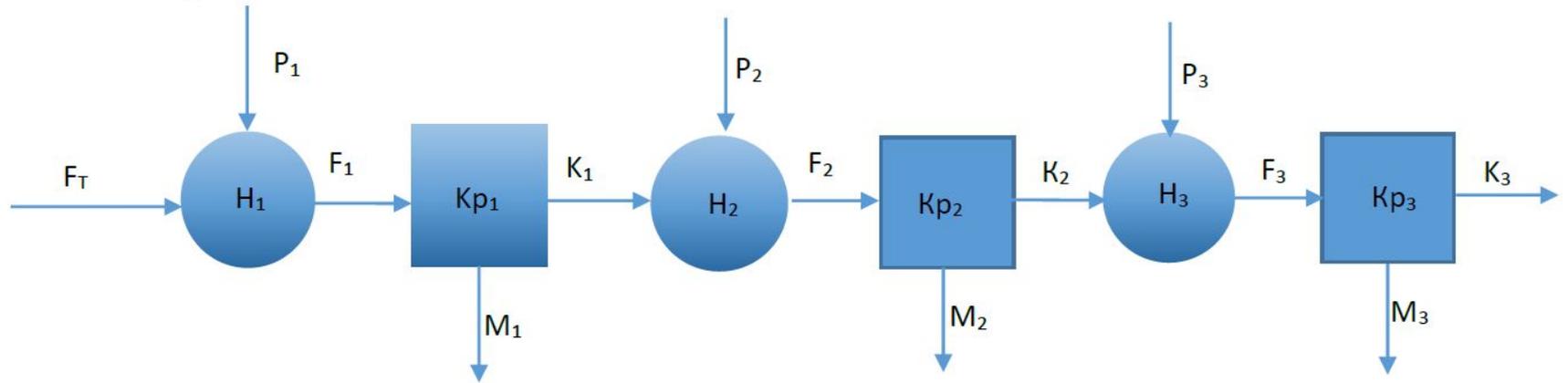
К.Т.Н., доц. Таран Ю.А.

СХЕМЫ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ

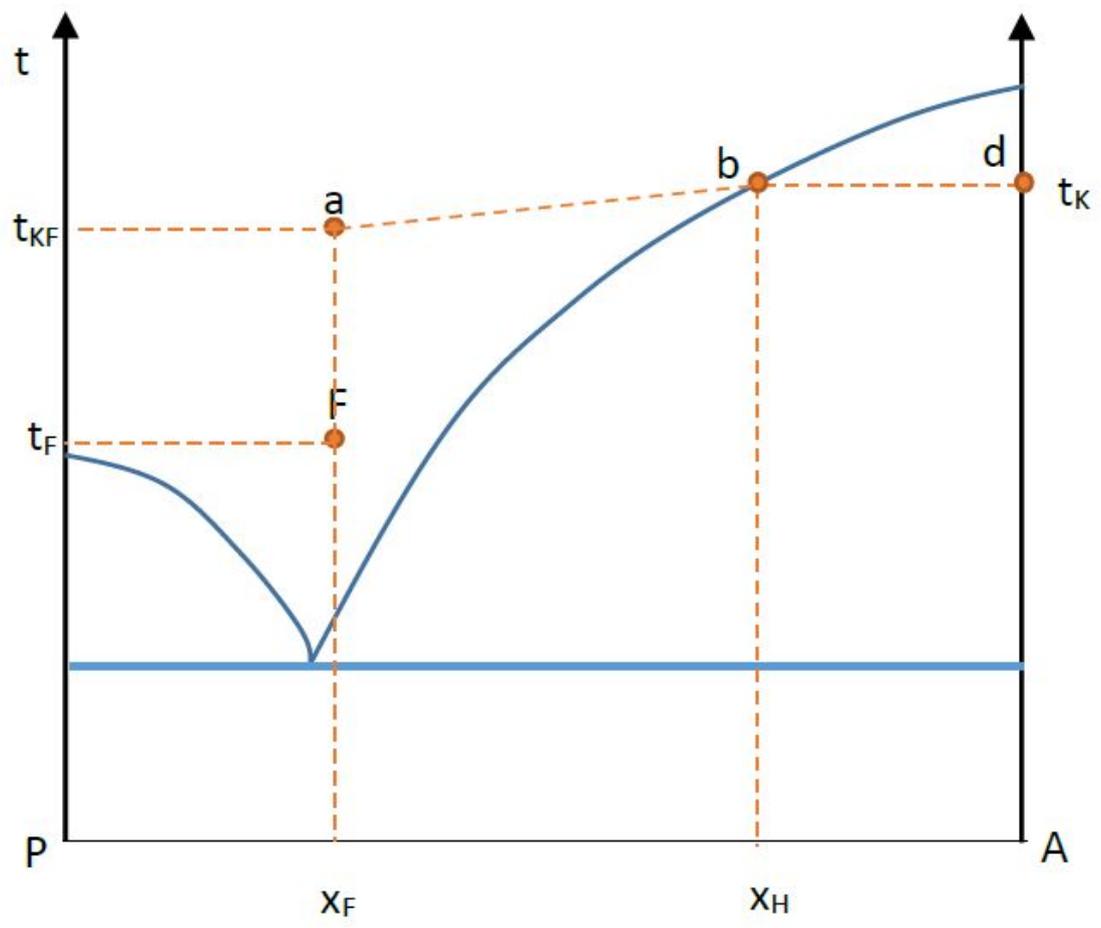


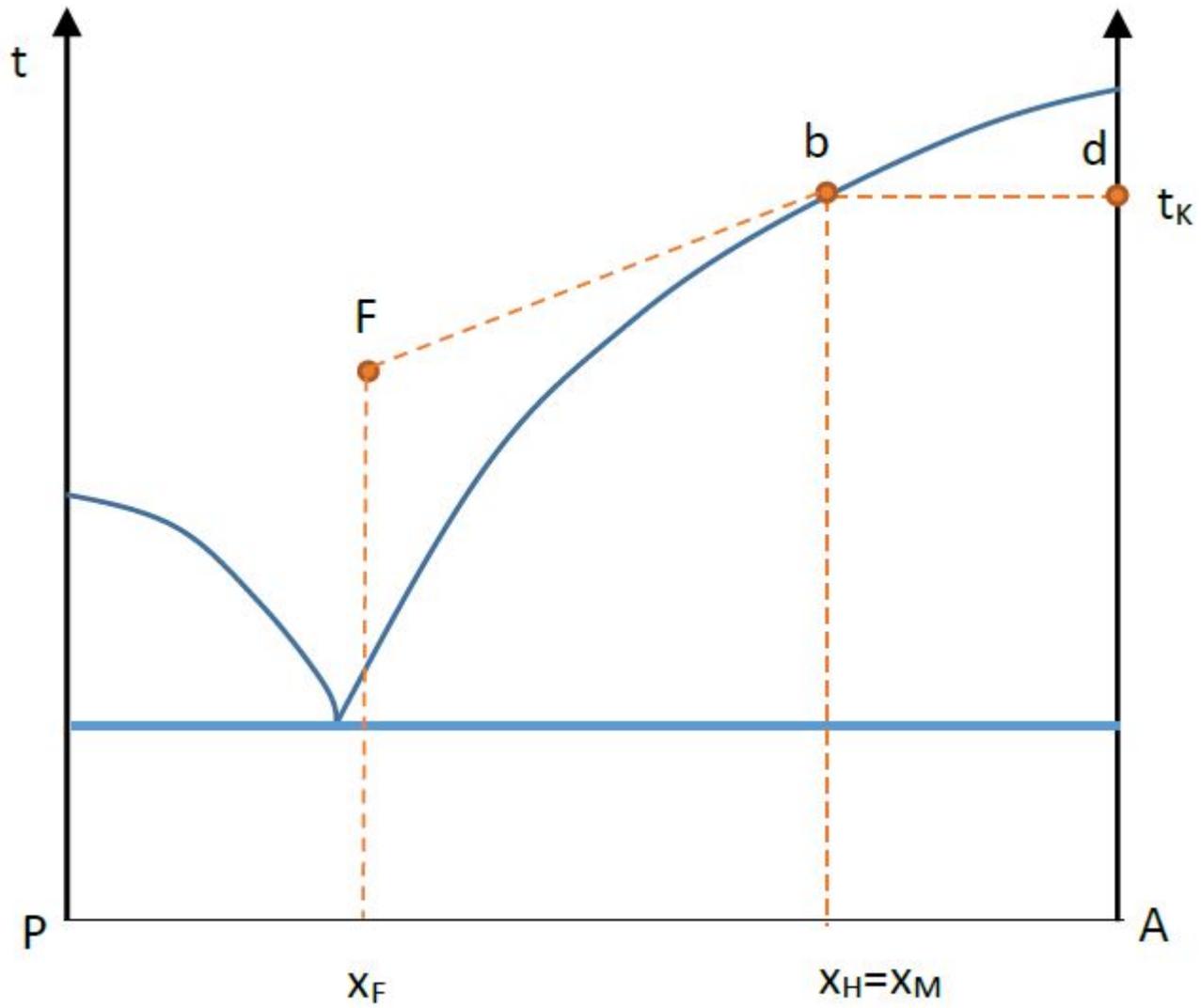






ВЫПАРНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ.





Материальный баланс.

$$F=K+M+\Pi \quad (1)$$

$$Fx_F=Kx_K+Mx_M+\Pi x_\Pi \quad (2)$$

Если принять $x_\Pi=0$, то

$$Fx_F=Kx_K+Mx_M \quad (3)$$

При совместном решении 1 и 2 получим:

$$K = F \frac{(x_F - x_M) + \Pi x_M}{x_K - x_M} \quad (4)$$

Если не происходит образование кристаллогидратов, то можно принять $x_K = 1$, $x_M = x_H$.

Тепловой расчет.

$$Fc_Ft_H + Kr_{KP} + Q_H = Kc_Kt_K + Mc_Mt_K + \Pi i_\Pi \quad (5)$$

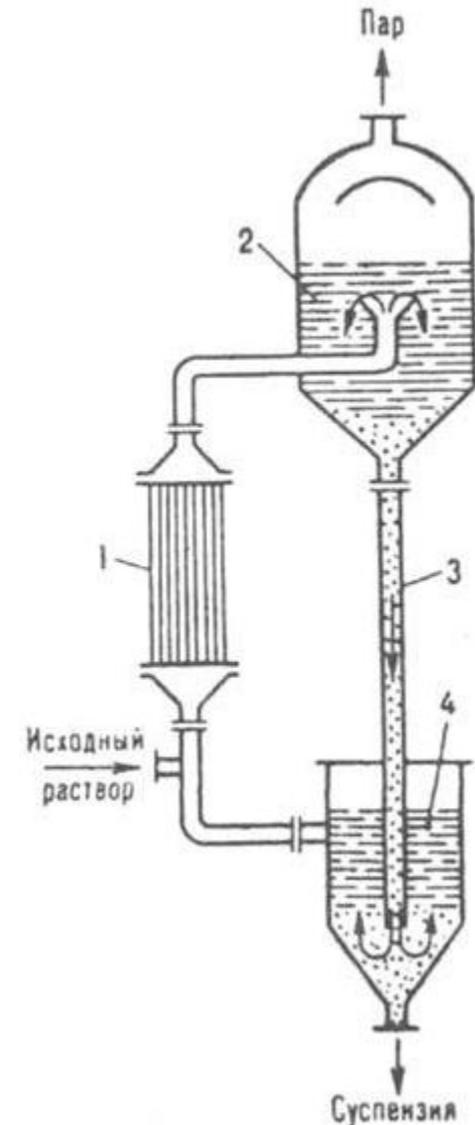
$$Q_H = \Pi i_\Pi - K(r_{KP} - c_Kt_K) - Fc_Ft_H + Mc_Mt_K \quad (6)$$

Расход греющего пара.

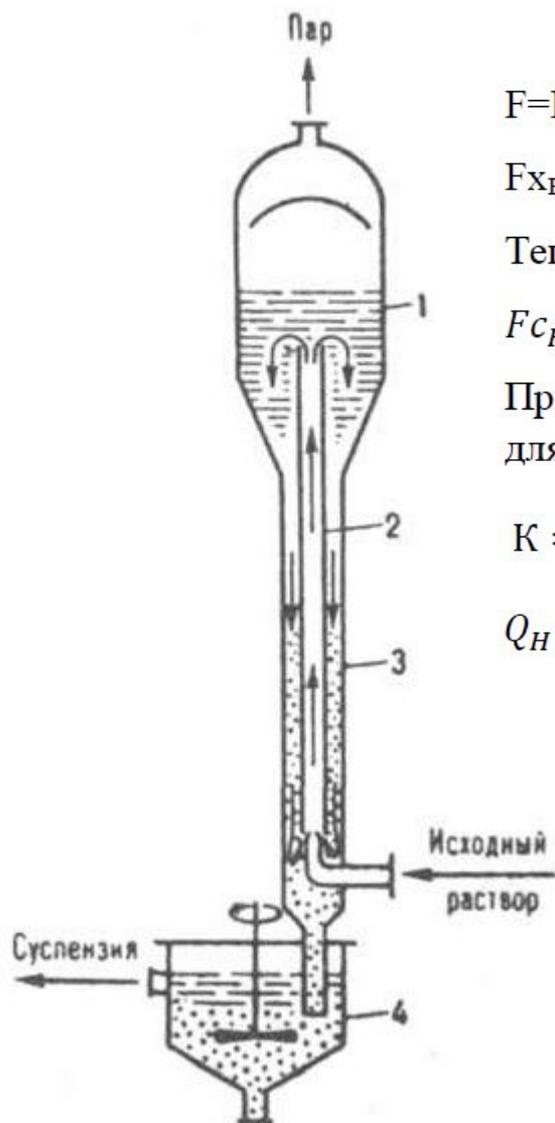
$$D_\Pi = \frac{Q_H}{r_\Pi}$$

Площадь теплопередачи кристаллизатора.

$$f_K = \frac{Q_H}{k\Delta t}, \Delta t = t_\Pi - t_K$$



ВАКУУМ-ВЫПАРНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ.



$$F=K+M+\Pi \quad (1)$$

$$Fx_F=Kx_K+Mx_M+\Pi x_\Pi \quad (2)$$

Тепловой баланс кристаллизатора.

$$Fc_Ft_H + Kr_{KP} = Kc_Kt_K + Mc_Mt_K + \Pi i_\Pi \quad (3)$$

При совместном решении уравнений 1-3 получаем следующую зависимость для расчета выхода кристаллической фазы.

$$K = \frac{\Pi(i - c_M t_K) - F(c_F t_H - M c_M t_K)}{r_{KP} - (c_K - c_M) t_K} \quad (4)$$

$$Q_H = F c_F (t_H - t_F) \quad (5)$$

ЗАДАЧА 7. 10

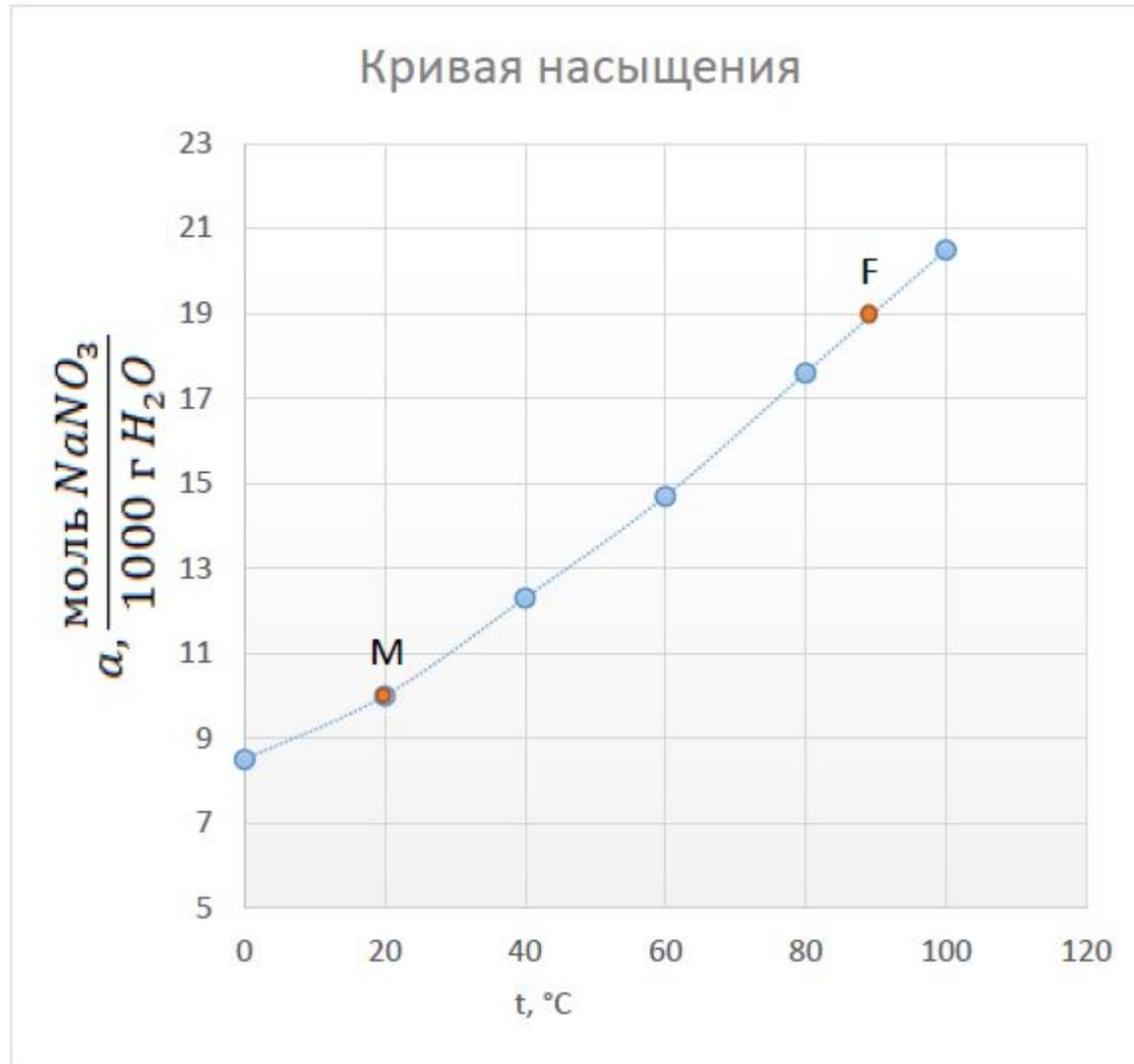
Находим данные по растворимости нитрата натрия в воде.

$t, ^\circ\text{C}$	0	20	40	60	80	100
$a, \frac{\text{моль } \text{NaNO}_3}{1000 \text{ г } \text{H}_2\text{O}}$	8,5	10,0	12,3	14,7	17,6	20,5

Используем кривые растворимости и определяем состав насыщенных растворов.

$$\text{при } t_F=90^\circ\text{C}, a_F=19 \frac{\text{моль } \text{NaNO}_3}{1000 \text{ г } \text{H}_2\text{O}},$$

$$\text{при } t_\phi=20^\circ\text{C}, a_M=10 \frac{\text{моль } \text{NaNO}_3}{1000 \text{ г } \text{H}_2\text{O}}$$



Произведем пересчет концентрации на массовые доли.

$$x = \frac{aM}{1000 + aM}, M = 85 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} \text{ для } NaNO_3$$

$$x_F = \frac{19 \cdot 85}{1000 + 19 \cdot 85} = 0,618$$

$$x_M = \frac{10 \cdot 85}{1000 + 10 \cdot 85} = 0,459$$

Выход кристаллической фазы равен.

$$K = F \frac{x_F - x_M}{x_K - x_M}$$

При расчете принимаем $x_K = 1$, так как $NaNO_3$ не образует кристаллогидратов.

$$K = 1000 \frac{0,618 - 0,459}{1 - 0,459} = 294 \text{ кг/ч}$$

$$M = F - K = 1000 - 294 = 706 \text{ кг/ч.}$$

ЗАДАЧА 8.

13

$$F = \frac{4000}{3600} = 1,111 \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \Pi = \frac{1500}{3600} = 0,417 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$x_F = \frac{aM}{1000 + aM} = \frac{19 \cdot 85}{1000 + 19 \cdot 85} = 0,618$$

Растворимость нитрата натрия при температуре 60°C равна.

$$a_M = 14,7 \frac{\text{моль } \text{NaNO}_3}{1000 \text{ г } \text{H}_2\text{O}}$$

$$x_M = \frac{aM}{1000 + aM} = \frac{14,7 \cdot 85}{1000 + 14,7 \cdot 85} = 0,555$$

Определим выход кристаллической фазы.

$$\begin{aligned} K &= \frac{F(x_F - x_M) + \Pi x_M}{x_K - x_M} = \frac{1,111(0,495 - 0,555) + 0,417 \cdot 0,555}{1 - 0,555} \\ &= 0,284 \text{ кг/с} \end{aligned}$$

Выход маточника.

$$M = F - K - \Pi = 1,111 - 0,284 - 0,417 = 0,41 \text{ кг/с.}$$

Расход тепла на процесс выпарной кристаллизации.

$$Q_H = \Pi i_{\Pi} - K(r_{KP} - c_K t_K) - F c_F t_H + M c_M t_K$$

И справочников находим.

$$t_K = 60^{\circ}\text{C}, i_n = 2608 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{гр}}, c_K = 1,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{гр}}, c_B = 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{гр}}, r_{KP} = 247 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$c_F = c_K x_F + c_B (1 - x_F) = 1,2 \cdot 0,459 + 4,19(1 - 0,459) = 2,85 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{гр}}$$

$$c_M = c_K x_M + c_B (1 - x_M) = 1,2 \cdot 0,555 + 4,19 \cdot (1 - 0,555) = 2,534 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{гр}}$$

$$Q_H = 0,417 \cdot 2608 - 0,284(247 - 1,2 \cdot 60) - 1,111 \cdot 2,85 \cdot 407 + 0,41 \cdot 2,534 \cdot 60 = 973 \text{ кВт}$$

Расход греющего пара (данные при $P_{\Pi} = 2 \text{ ат}$ (120°C)).

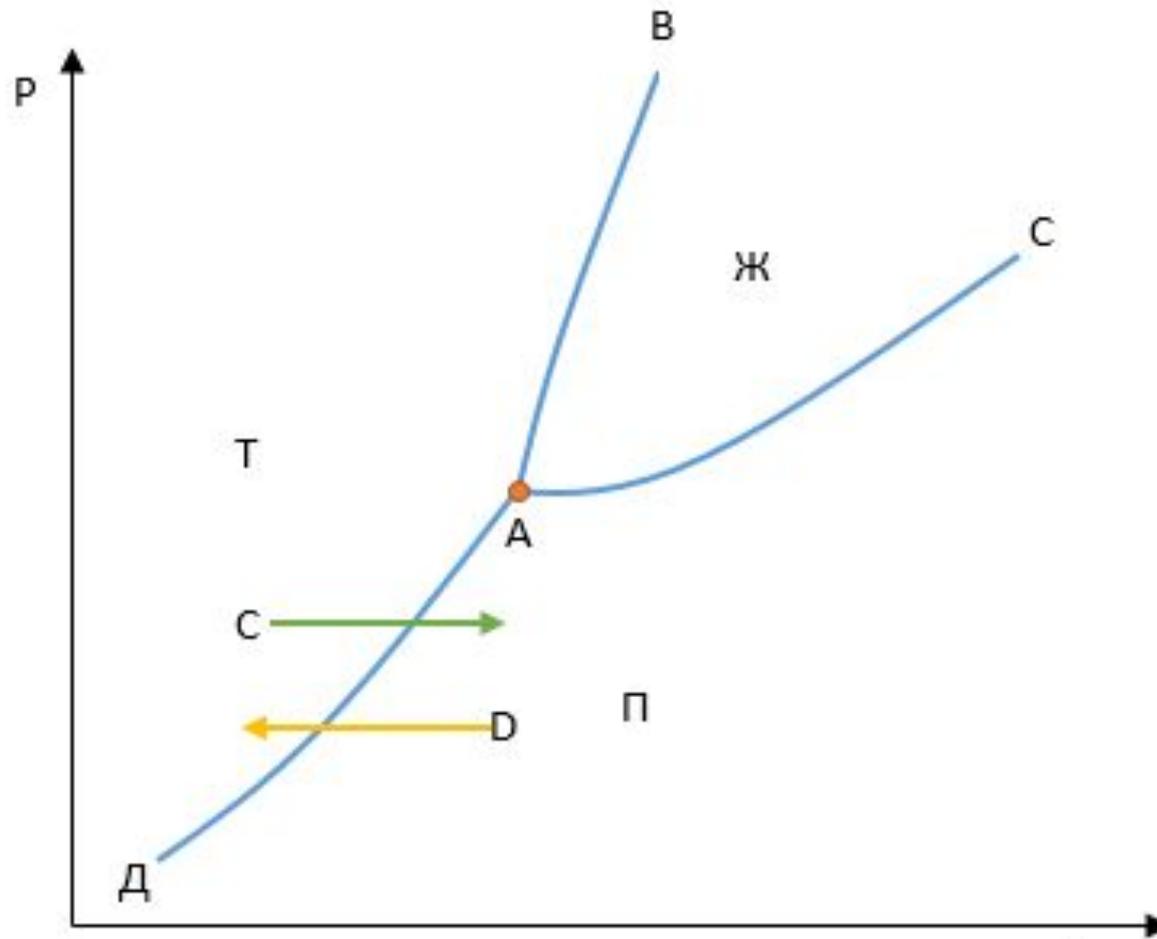
$$D_{\Pi} = \frac{Q_H}{r_{\Pi}} = \frac{973}{2210} = 0,44 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

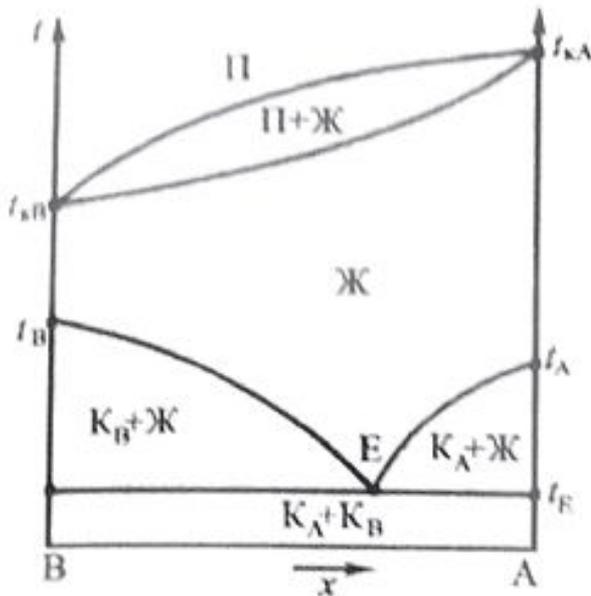
Поверхность теплопередачи кристаллизатора.

$$f_K = \frac{Q_H}{k \Delta t}, \quad \Delta t = t_{\Pi} - t_K = 120 - 60 = 60^{\circ}\text{C}$$

$$f_K = \frac{973 \cdot 10^3}{400 \cdot 60} = 40,5 \text{ м}^2$$

ПРОЦЕССЫ СУБЛИМАЦИИ И ДЕСУБЛИМАЦИИ.





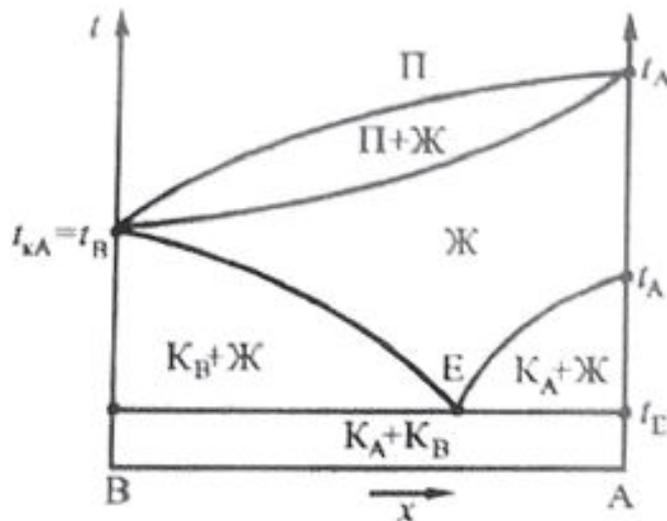
Состояние 1.

Давление в системе выше давления тройных точек компонентов А и В.

$$P > P_{ТА}, P > P_{ТВ}, t_{кА} > t_A, t_{кВ} > t_B.$$

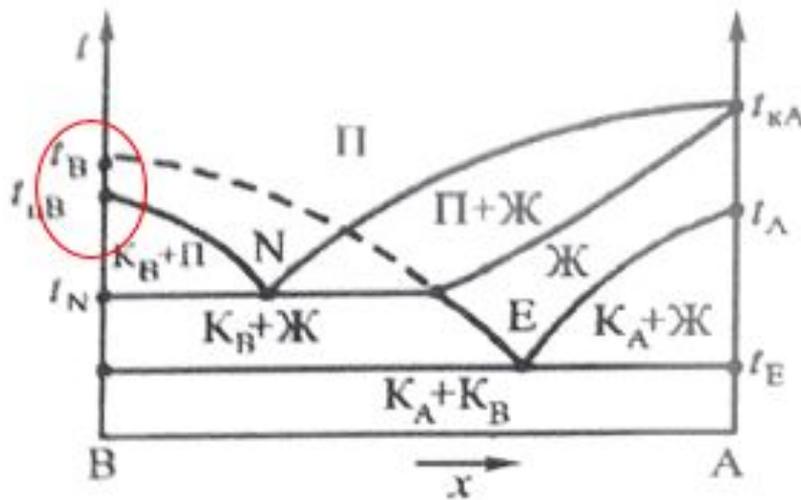
$$P_{ТА} < P_{ТВ}$$

Давление как известно сильно отражается на равновесие пар-жидкость, но слабо влияет на равновесие твердая фаза - жидкость.



Состояние 2.

$$P = P_{ТВ}, P > P_{ТА}, t_{кВ} = t_B, t_{кА} > t_B$$



Состояние 3.

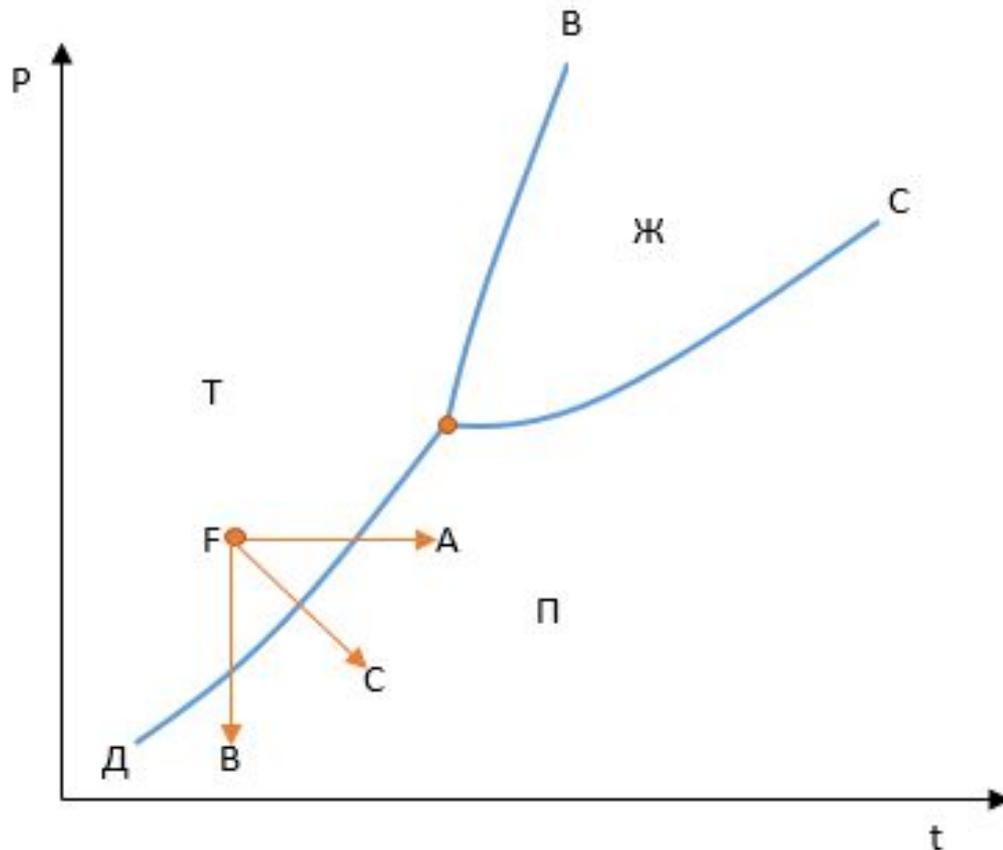
$$P < P_{ТВ}, P > P_{ТА}, t_{св} < t_B$$

$t_{св}$ -температура сублимации В. При дальнейшем понижении давления область равновесия П-Т ($\Pi+K_B$) расширяется. В области равновесия $\Pi+K_B$ можно проводить

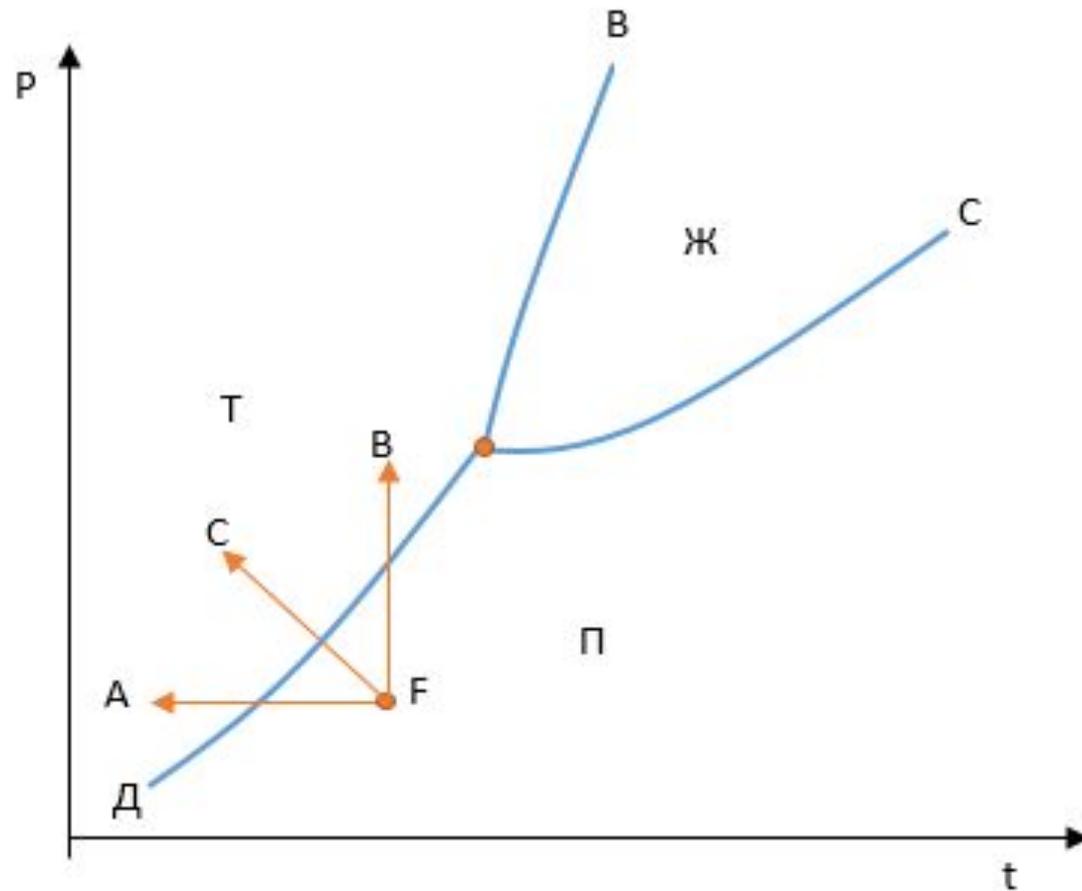
эффективную очистку компонента В. Примеси компонента А будут оставаться в паровой фазе.

СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ПЕРЕСЫЩЕНИЯ ДЛЯ ОДНОКОМПОНЕНТНЫХ ВЕЩЕСТВ.

Сублимация.

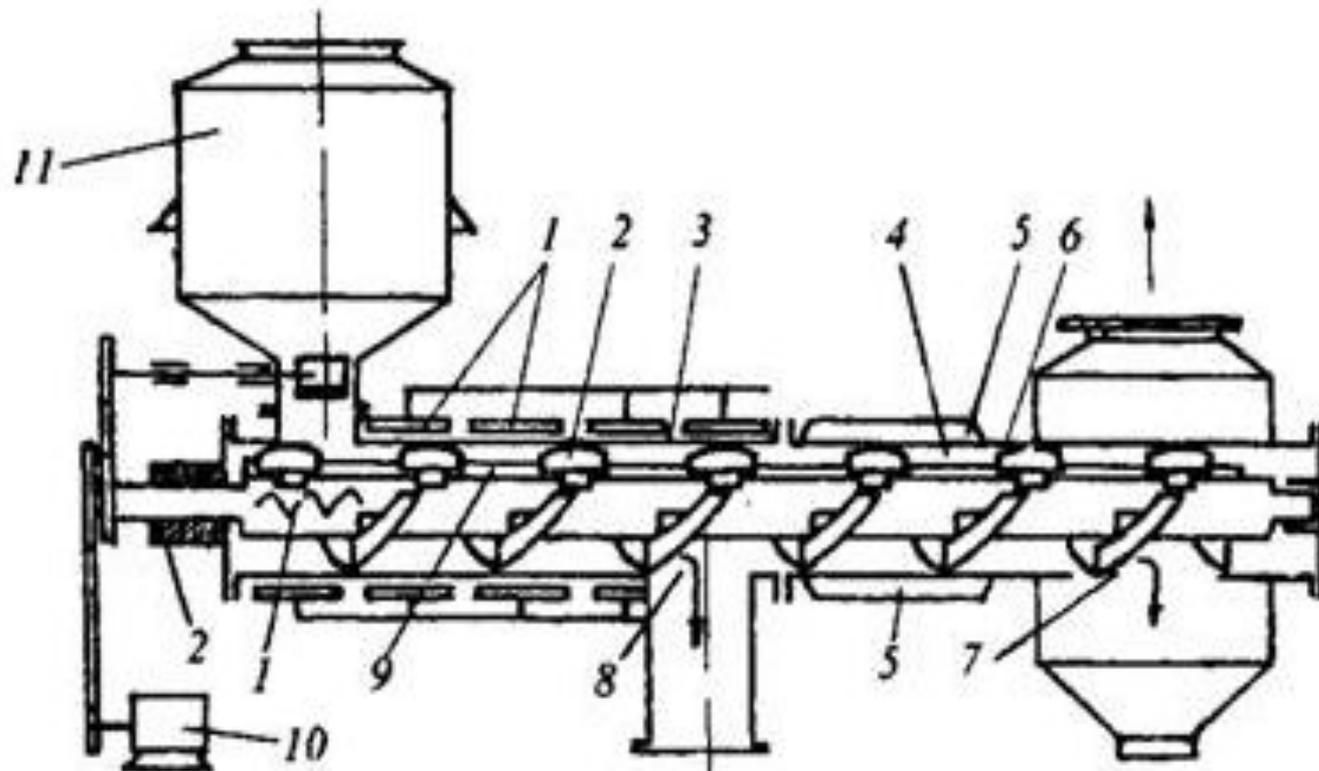


Десублимация.



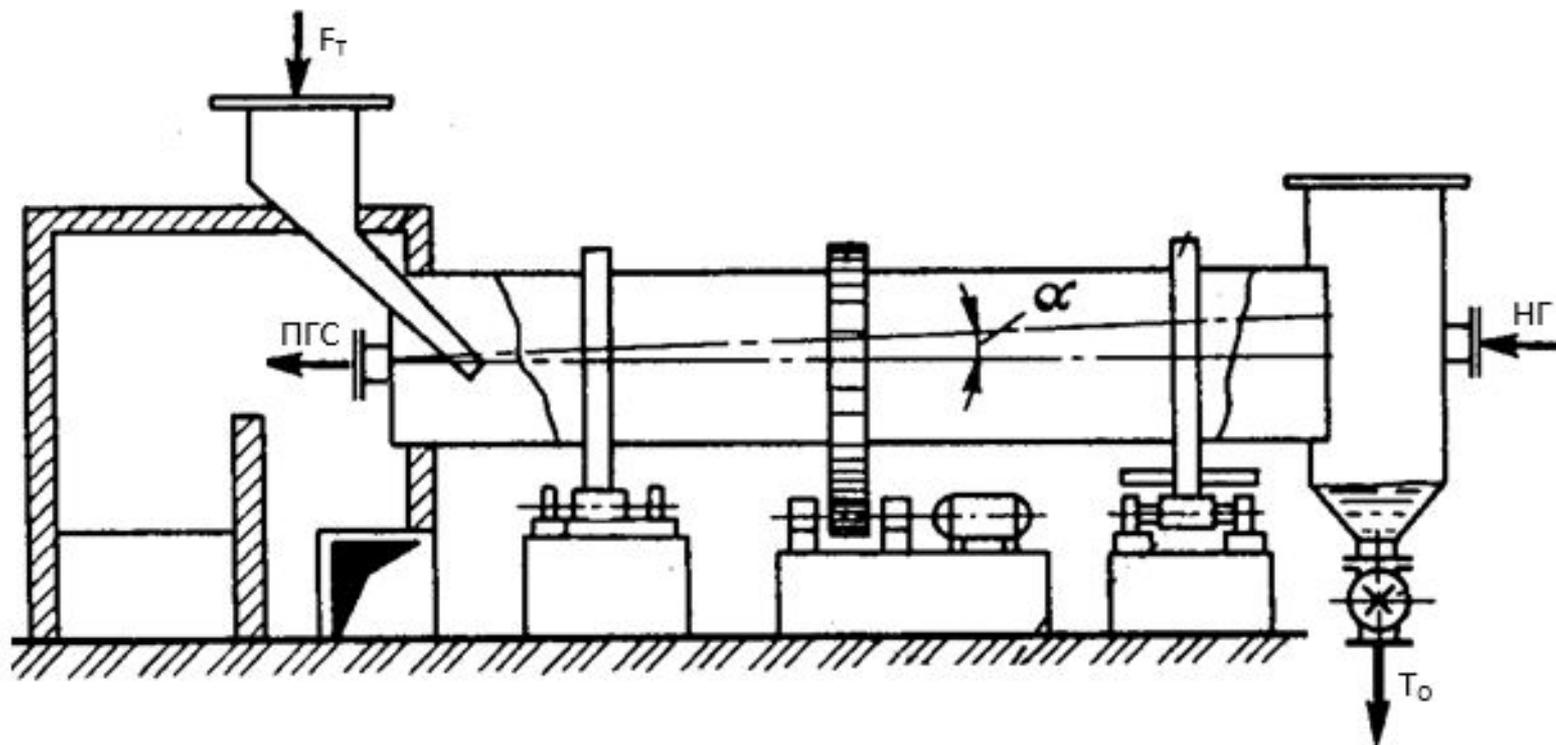
ШНЕКОВЫЙ СУБЛИМАТОР.

20



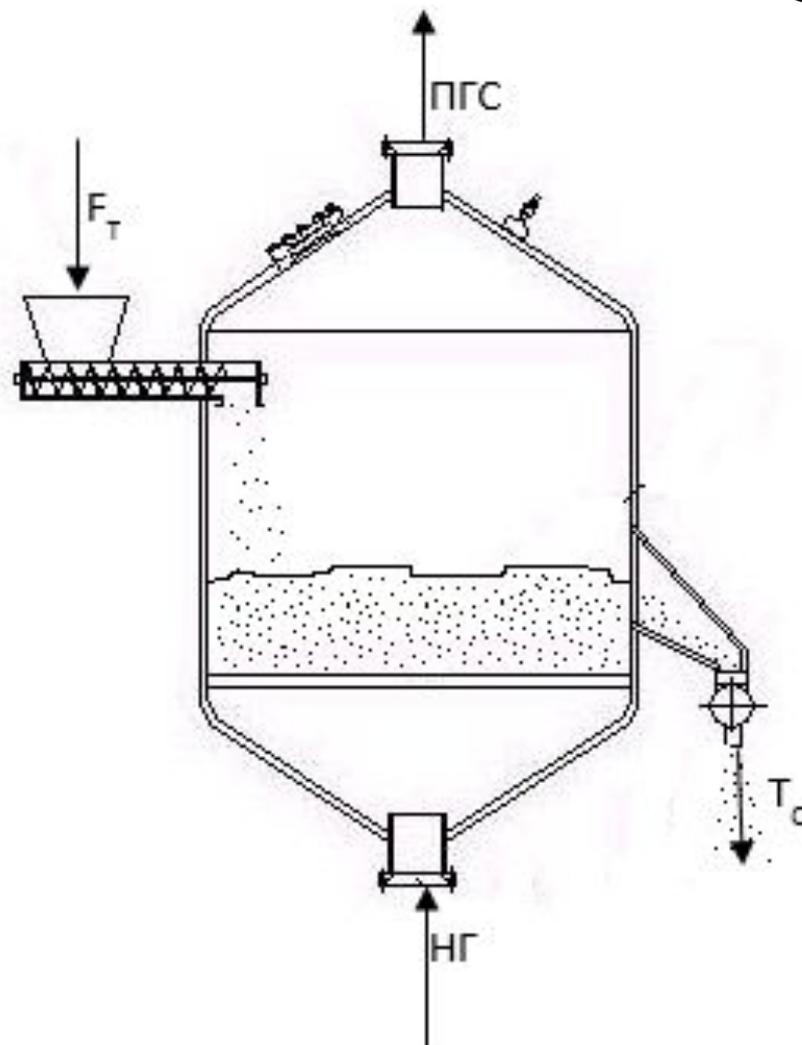
БАРАБАННЫЙ СУБЛИМАТОР.

21

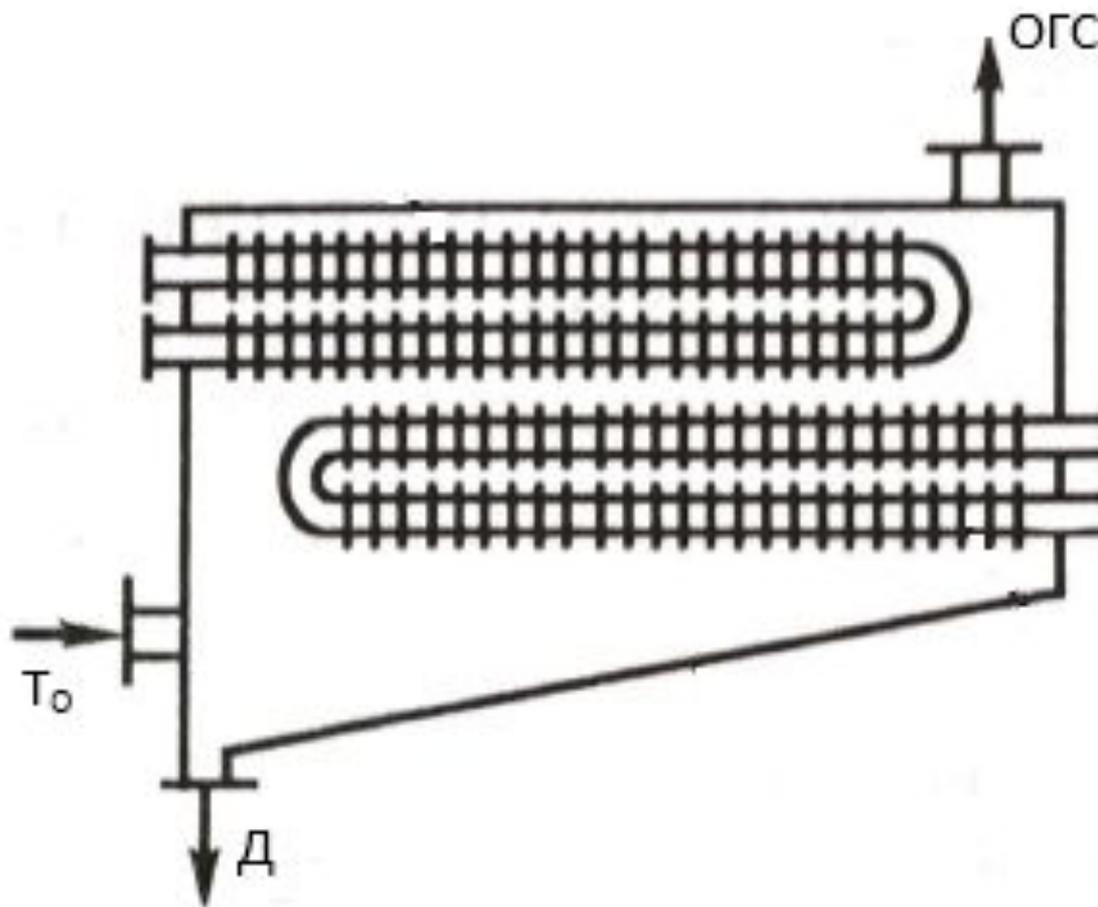


СУБЛИМАТОР С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ.

22

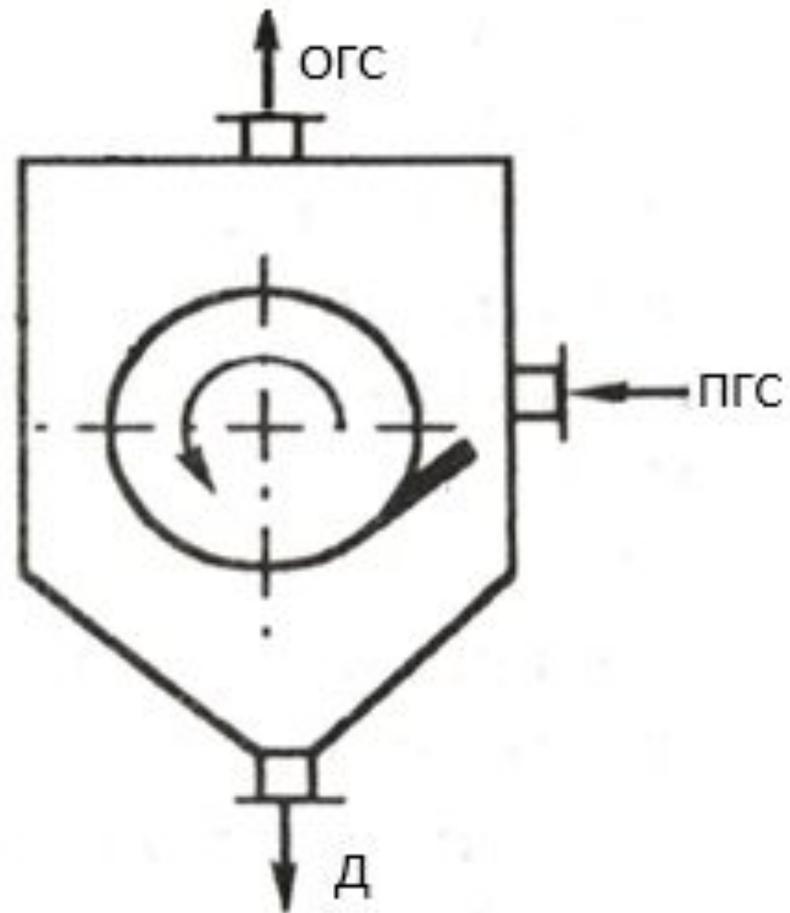


ДЕСУБЛИМАТОР КАМЕРНОГО ТИПА. ²³

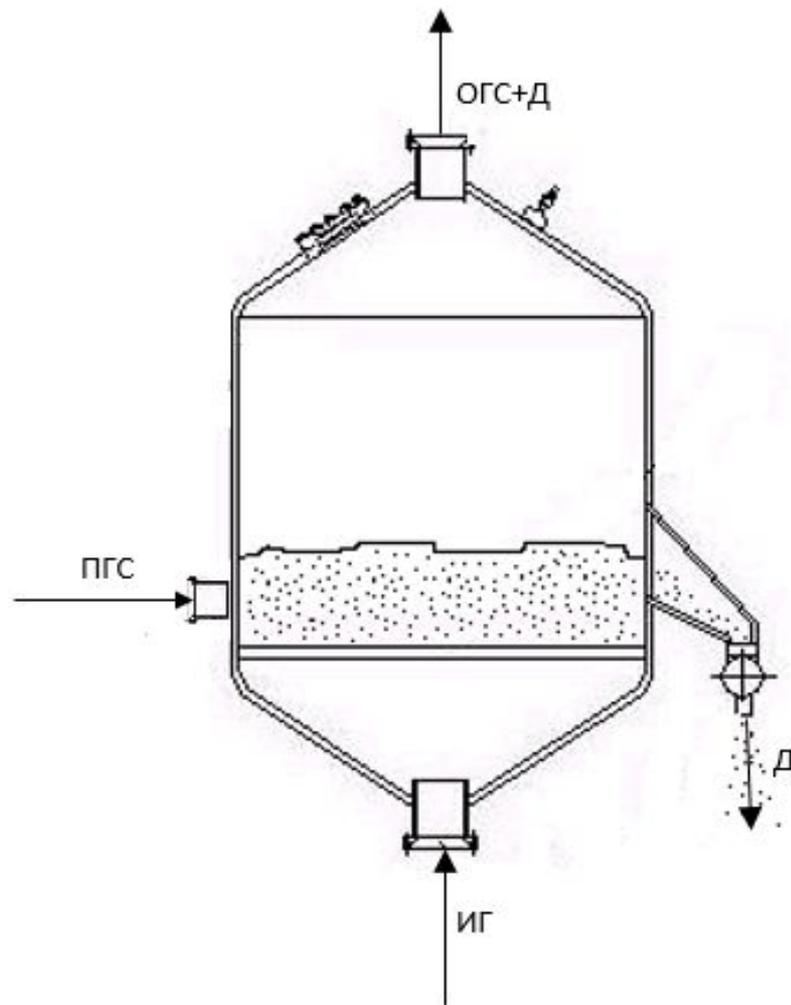


БАРАБАННЫЙ ДЕСУБЛИМАТОР.

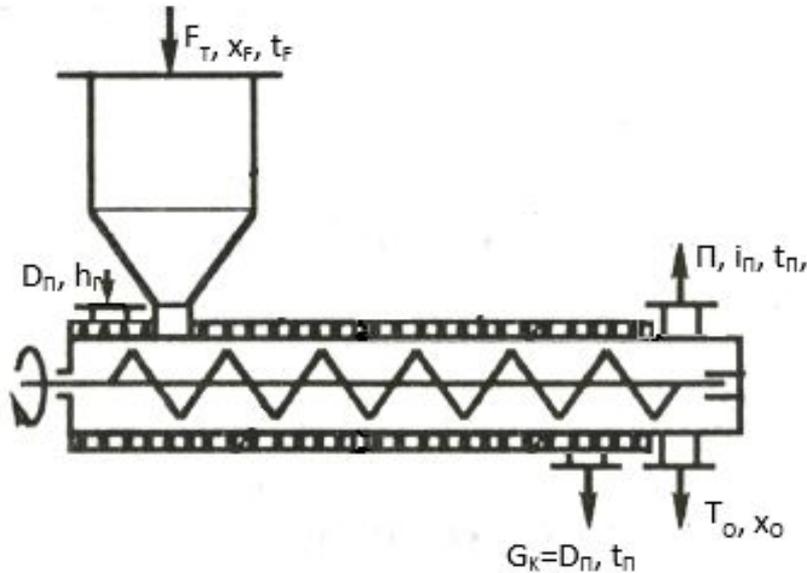
24



ДЕСУБЛИМАТОР С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ.



РАСЧЕТ ПРОЦЕССА СУБЛИМАЦИИ.



Полная сублимация.

$$F_T = \Pi, T_O = 0.$$

Тепловой баланс процесса.

$$F_T c_F t_F + Q_H = \Pi i_\Pi$$

$$Q_H = F_T (i_\Pi - c_F t_F); i_\Pi = r_{\text{суб}} - c_\Pi t_O, r_{\text{суб}} \text{ — теплоота сублимации.}$$

Частичная сублимация.

$$F_T = \Pi + T_0$$

$$F_T x_F = \Pi x_{\Pi} + T_0 x_0$$

$$T_0 = F_T - \Pi$$

$\Pi = F_T \frac{x_F - x_0}{x_{\Pi} - x_0}$ - выход паровой фазы. x_F - содержание сублимированного компонента в исходном веществе. x_0 - содержание сублимируемого компонента в твердом остатке.

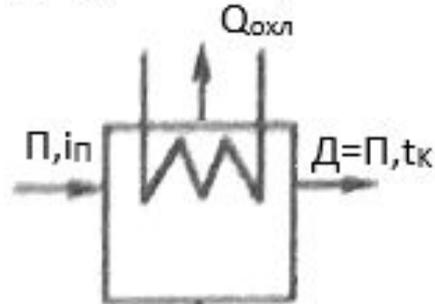
Тепловой баланс процесса.

$$F_T c_F t_F + Q_H = \Pi i_{\Pi} + T_0 c_0 t_c$$

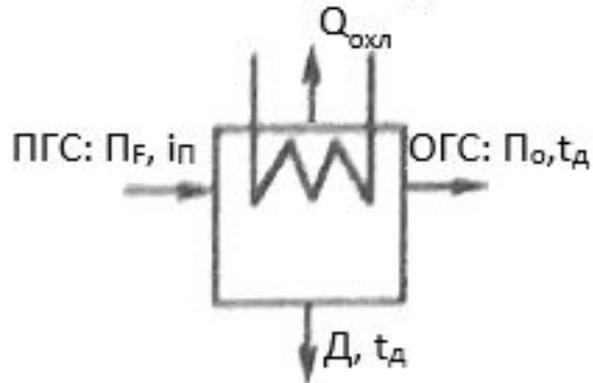
$$Q_H = \Pi i_{\Pi} + T_0 c_0 t_c - F_T c_F t_F$$

РАСЧЕТ ПРОЦЕССА ДЕСУБЛИМАЦИИ.

Десублимация чистых паров. $Q_{охл} = \Pi(i_{\Pi} + c_T t_K)$



Частичная десублимация.



Π_F исходная парогазовая смесь, Π_0 оставшиеся паровая смесь.

$$\Pi_F = D + \Pi_0$$

$$\Pi_F x_F = D x_D + \Pi_0 x_0$$

$$D = \Pi_F \frac{x_F - x_0}{x_D - x_0}$$

x_F — содержание кристаллов целевого компонента в исходной смеси.
 x_D и x_0 — содержание целевого компонента в десублимате и твёрдом остатке.

Тепловой баланс процесса.

$$\Pi_F i_{\Pi} = \Pi_0 c_0 t_0 + D c_D t_D + Q_{\text{охл}}$$

$$Q_{\text{охл}} = \Pi_F i_{\Pi} - t_0 (\Pi_0 c_0 - D c_D)$$