Задача №5. Расчет устройств очистки пара в испарителе

Исходные данные:

Определить концентрацию солей во вторичном паре на выходе испарителя, если известны следующие данные (см. табл.): расход вторичного пара $D_И^{ВТ}$, давление вторичного пара P_2, внутренний диаметр корпуса Dк, количество Nотв и диаметр dотв отверстий в паропромывочных листах, h – уровень воды на паропромывочном листе, мм, Нпо – высота парового отсека, Z – число паропромывочных листов, Сконц – концентрация солей в концентрате, Сдв – концентрация солей в добавочной воде, Ск – концентрация солей в паропромывочном конденсате.

Методические указания:

Скорость движения пара в паровом объеме корпуса испарителя:

$$\omega_{ПО} = \frac{4D_И^{ВТ}}{\rho^{//}\pi D_К^2}.$$

$$\rho'' = f\left(P_2\right)$$

Минимальная скорость пара в отверстиях паропромывочного листа:

$$\omega_{\min} = 1,41 d_{отв}^{\frac{2}{9}} h^{\frac{1}{9}} \sqrt{\frac{g}{\rho''}} \sqrt[4]{\sigma\left(\rho' - \rho''\right)g} \left(\frac{\rho' - \rho''}{g\sigma}\right)^{\frac{1}{6}},$$

где dотв – диаметр отверстий в паропромывочных листах, h – высота слоя воды над листом, ρ’и ρ” – плотность воды и пара, σ – коэффициент поверхностного натяжения воды. Теплофизические параметры определяются для состояния насыщения по давлению P_2.

Объемное паросодержание в паровом отсеке:

$$\varphi = 0,26 \left(\frac{\omega_{ПО}^2}{g\sqrt{\frac{\sigma}{g\left(\rho' - \rho''\right)}}}\right)^{0,4} \cdot \left(\frac{\rho''}{\rho' - \rho''}\right)^{0,12}.$$

Сепарация влаги в отсеке зависит от:

$$N = \frac{\omega_{ПО}^2}{\varphi \cdot g \cdot H_{ПО}}.$$

Скорость пара в отверстиях паропромывочного листа:

$$\omega_0 = \frac{4D_И^{ВТ}}{\rho'' \pi d_{отв}^2 N_{отв}}.$$

Должно соблюдаться условие $\omega_0 > 1,2\omega_{\min}$.

Критерий Галилея:

$$Ga = \frac{g\left(\frac{\sigma}{g\rho''}\right)^{\frac{3}{2}}}{\left(\nu'\right)^2}.$$

Эффективность сепарации возрастает при $N < N_{крит}$:

где:

$$N_{крит} = 4,2 \cdot 10^{-6} Ga^{0,55} \left(\frac{\rho''}{\rho' - \rho''}\right)^{0,35}.$$

При $N < N_{крит}$ влажность пара в паровом отсеке перед промывочным листом:

$$y_{ПО1} = C\frac{\omega_{ПО}^{2,76}}{H_{ПО}^{2,3}}.$$

При $N > N_{крит}$

$$y_{ПО2} = B\frac{\omega_{ПО}^{7,8}}{H_{ПО}^{6,5}}.$$

где:

С и В – коэффициенты, зависящие от Р2, определяются по формулам:

$$C = \left(0,142 + 5,156P - 12,373P^2 + 16,768P^3 - 7,744P^4\right) \cdot 10^{-4}.$$

$$\mathrm{B} = (0,133 + 1,054\,\mathrm{P} + 16,39\,\mathrm{P}^2 - 26,906\,\mathrm{P}^3 + 17,328\,\mathrm{P}^4)10^{-5}.$$

Р в бар.

Влажность пара на выходе из слоя воды:

При $N < N_{крит}$:

$$y_{вл1} = 5,4 \cdot 10^{12} \cdot A^{-1,15} \cdot y_{ПО1}.$$

При $N > N_{крит}$:

$$y_{вл2} = 5,6 \cdot 10^{28} \cdot A^{-2,6} \cdot y_{ПО2}.$$

где:

$$A = h\left(\frac{\sigma\rho'}{\left(\mu'\right)^2}\right)\left(\frac{\rho' - \rho''}{\rho''}\right).$$

Концентрация солей в паровом отсеке перед 1-м промывочным листом в зависимости от N и $N_{крит}$:

$$C_{ПО1} = y_{ПОi} C_{КОНЦ}.$$

где $y_{ПОi} = y_{ПО1}$ или $y_{ПО2}$

Концентрация солей в промывочной воде на 1-м листе:

$$C_{пр.в.}^{Л1} = C_{ДВ} + C_{ПО1}\eta_{ПР}.$$

где $\eta_{ПР}$ – коэффициент промывки, принимается 0,9..0,95 на 1-м и 0,8..0,9 на 2-м листе.

Концентрация солей за 1-м паропромывочный листом:

$$C_{ПО2} = C_{ПО1}\left(1-\eta_{ПР}\right) + y_{вл1} C_{пр.в.}^{Л1}.$$

Концентрация солей в промывочной воде на 2-м листе

$$C_{пр.в.}^{Л2} = C_{К} + C_{ПО2}\eta_{ПР}.$$

Концентрация солей за 2-м паропромывочным листом

$$C_{ПО3} = C_{ПО2}\left(1-\eta_{ПР}\right) + y_{влi} C_{пр.в.}^{Л2}.$$

Концентрация солей во вторичном паре на выходе испарителя:

$$C_{И2} = C_{ПО2}\left(1-\eta_{С}\right), \frac{мкг}{кг}.$$

где

$\eta_{С}$ – коэффициент очистки пара от влаги в жалюзийном сепараторе, принимается 0,75..0,85.

Таблица 1. Исходные данные

	$D_{И}^{ВТ}$, кг/с	P_2, бар	Dк, м	Nотв	d0, мм	h, мм	Нпо, м	Z	Сконц, г/кг	Сдв, г/кг	Ск, мкг/кг
1	3,1	1,2	2,5	6000	6	80	1,0	1	100	1,0	-
2	4,3	1,5	2,8	11500	5	70	0,9	2	80	1,2	10
3	5,2	3,5	2,7	9500	5	60	1,1	1	100	1,1	-
4	4,7	4,5	2,4	9800	4,5	65	0,8	1	90	1,0	-
5	6,3	5,5	2,6	9500	5	75	0,85	2	110	0,9	15
6	9,1	2,8	3,2	12000	6	82	1,1	1	94	0,8	-
7	3,8	1,6	2,1	7900	5,5	86	1,3	1	60	0,95	-
8	2,5	2,4	2,3	2500	7	82	0,86	1	60	0,95	-
9	4,2	2,6	2,9	4800	6,5	62	0,88	1	120	1,1	-
10	3,3	1,6	1,8	4800	6,5	72	1,2	2	110	1,0	30
11	5,2	2,3	2,2	7600	6	74	1,0	1	50	0,8	-
12	7,9	3,1	2,6	7200	7	68	1,2	1	70	0,9	-
13	3,5	4,1	2,4	7600	4,5	66	1,1	1	100	1,0	-
14	6,6	1,1	3,2	13500	6	75	1,1	2	80	0,8	15