

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ОДНОКОРПУСНАЯ ВАКУУМ-ВЫПАРНАЯ УСТАНОВКА»

Курсовая работа является самостоятельной инженерной работой студента.

В рамках курсовой работы выполняется расчет и выбор типового теплообменного оборудования исходя из заданных технологических условий. Графическая часть состоит из чертежа общего вида проектируемого оборудования и детализовки ответственного узла. Работая над проектом, студент изучает действующие ГОСТы, ЕСКД, нормативно-техническую и справочную литературу, приобретает навыки выбора аппаратуры и оформления технической документации.

Целью выполнения курсовой работы является:

- привитие навыков самостоятельной работы в подборе и использовании научной, технической, справочной литературы и ГОСТов;
- освоение методов теплотехнического расчета теплообменных аппаратов, их конструктивного и гидравлического расчета;
- выработка умения составлять текстовую часть конструкторской документации;
- умение выполнять графическую часть проектной документации.

Порядок выполнения работы, его объем и содержание приводятся в специальной литературе по проектированию теплообменного оборудования [1,2,3]. Более подробно ознакомится с требованиями к оформлению проекта рекомендуется в методических указаниях по проектированию.

Задание на проектирование

Спроектировать однокорпусную вакуум-выпарную установку (рис. 1) для выпаривания раствора хлористого кальция (CaCl_2) от $x_{\text{нач}}$ до $x_{\text{кон}}$ % для производительности по исходному (разбавленному) раствору $G_{\text{нач}}$ кг/ч при следующих условиях:

- абсолютное давление греющего пара $p_{\text{г.п}}$ кгс/см², влажность его 5%;
- абсолютное давление в барометрическом конденсаторе p_0 кгс/см²;
- слабый раствор поступает в аппарат при $t_{\text{нач}}$ °С;
- допустимые теплоты потери – в размере 5 % от полезно затрачиваемой теплоты.

- тип выпарного аппарата – выпарной аппарат с естественной циркуляцией с выносной циркуляционной трубой и солеотделением (тип 1 исполнение 3 ГОСТ 11987-81) [1].

Вторичный пар из выпарного аппарата поступает в барометрический конденсатор по паропроводу, оптимальная скорость пара в трубе $50 \div 100$ м/с. Длина паропровода 15 м. Коэффициент трения $\lambda = 0,03$. Местные сопротивления на паропроводе приведены в таблице 1.

Таблица № 1

Местное сопротивление	Коэффициент сопротивления (ζ)	Кол-во	Сумма
Вход в трубу	0,5	1	0,5
Выход из трубы	1,0	1	1,0
Повороты на 90 °С	0,2	3	0,6
$\sum \zeta$			2,1

Задачи проектирования

1. Выполнить теплотехнологический расчет выпарного аппарата и выбрать стандартный по ГОСТ (таблица Пб).
2. Рассчитать систему энергообеспечения установки: мощность и производительность парогенератора, расход охлаждающей воды, мощность вакуум-насоса, теплоизоляцию аппарата.
3. Оформить расчеты в виде расчетно-пояснительной записки по требованиям ЕСКД.
4. Выполнить чертеж общего вида спроектированного аппарата.

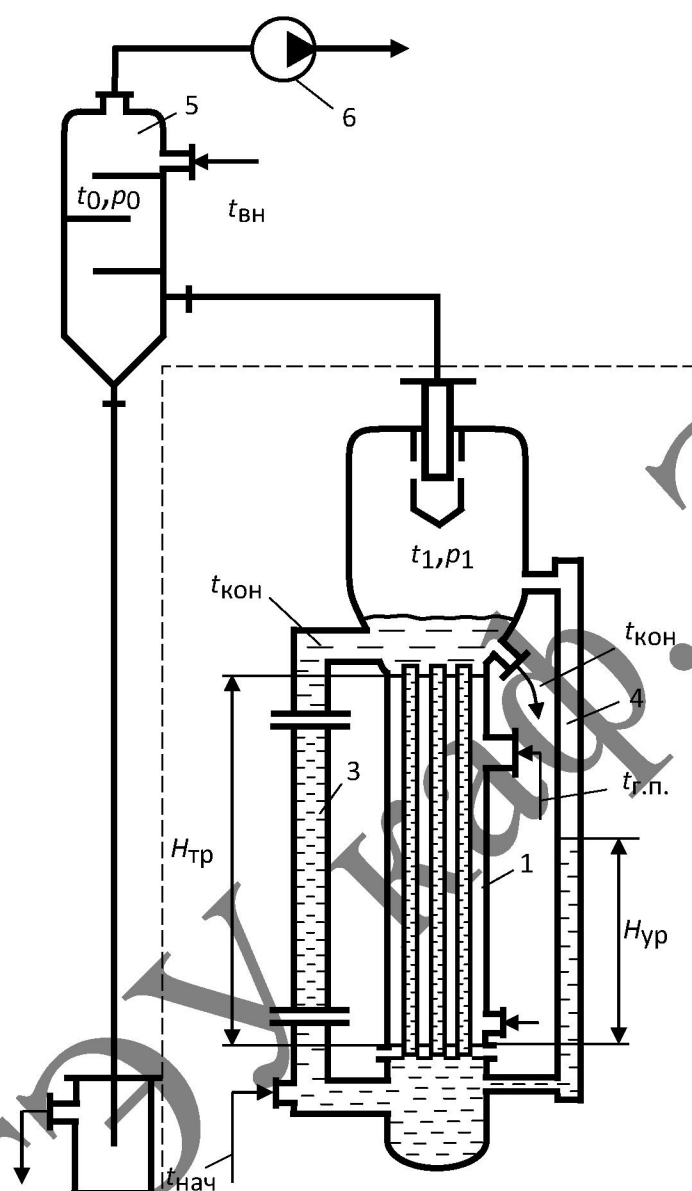


Рис. 1. Схема вакуум-выпарной установки аппарата
 1 – греющая камера; 2 – сепаратор; 3 – циркуляционная труба;
 4 – водомерное стекло; 5 – барометрический конденсатор;
 6 – вакуумный насос; 7 - выпарной аппарат

Варианты контрольных заданий

Каждый студент выполняет вариант задания, обозначенный последней цифрой его учебного шифра в зачетной книжке по табл. №2.

Таблица № 2

№ по зачет- ной книжке	$G_{\text{нач}}$, кг/ч	$x_{\text{нач}}$, %	$x_{\text{кон}}$, %	$P_{\text{г.п.}}$, кгс/см ²	P_0 , кгс/см ²	$t_{\text{нач}}$, ° С
1	18600	8,2	20,4	1,4	0,4	70
2	18700	8,4	20,8	1,4	0,4	72,5
3	18800	8,6	21,2	1,4	0,4	75
4	18900	8,8	21,6	1,4	0,4	70
5	19000	9	22	1,4	0,4	72,5
6	19100	9,2	22,4	1,4	0,4	75
7	19200	9,4	22,8	1,6	0,4	70
8	19300	9,6	23,2	1,6	0,4	72,5
9	19400	9,8	23,6	1,6	0,4	75
10	19500	10	24	1,6	0,4	70
11	19600	10,2	24,4	1,6	0,3	72,5
12	19700	10,4	24,8	1,6	0,3	75
13	19800	10,6	25,2	1,8	0,3	70
14	19900	10,8	25,6	1,8	0,3	72,5
15	20000	11	26	1,8	0,3	75
16	20100	11,2	26,4	1,8	0,3	70
17	20200	11,4	26,8	1,8	0,3	72,5
18	20300	11,6	27,2	1,8	0,3	75
19	20400	11,8	27,6	2	0,3	70
20	20500	12	28	2	0,3	72,5
21	20600	12,2	28,4	2	0,2	75
22	20700	12,4	28,8	2	0,2	70
23	20800	12,6	29,2	2	0,2	72,5
24	20900	12,8	29,6	2	0,2	75
25	21000	13	30	2,5	0,2	70
26	21100	13,2	30,4	2,5	0,2	72,5
27	21200	13,4	30,8	2,5	0,2	75
28	21300	13,6	31,2	2,5	0,2	70
29	21400	13,8	31,6	2,5	0,2	72,5
30	21500	14	32	2,5	0,2	75

Порядок проведения расчета

Рассмотрим порядок выполнения контрольной работы на примере при следующих исходных значениях:

Таблица № 3

$G_{\text{нач}}$, кг/ч	$x_{\text{нач}}$, %	$x_{\text{кон}}$, %	$p_{\text{г.п.}}$, кгс/см ²	p_0 , кгс/см ²	$t_{\text{нач}}$, °C
15000	8	18	1,4	0,4	70

1. Количество выпариваемой воды (расход вторичного пара)

$$W = G_{\text{нач}} \left(1 - \frac{x_{\text{нач}}}{x_{\text{кон}}} \right) = \frac{15000}{3600} \left(1 - \frac{8}{18} \right) = 2,31 \text{ кг/с.}$$

2. Температурный режим

- 2.1 Гидравлическая депрессия.

Зададим скорость пара в паропроводе между аппаратом и барометрическим конденсатором:

$$w_{\text{п}} = 70 \text{ м/с.}$$

Параметры пара в конденсаторе при $p_0 = 0,4 \text{ кгс/см}^2$ определим по таблице свойств насыщенного водяного пара (прил. таблица П1 [4]):

$$t_0 = 75,4 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad \rho_0 = 0,2456 \text{ кг/м}^3.$$

Диаметр паропровода:

$$d_{\text{п}} = \sqrt{\frac{4W}{\pi \rho_0 w_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,31}{\pi \cdot 0,2456 \cdot 70}} = 0,414 \text{ м.}$$

Выберем ближайший стандартный диаметр трубы из ряда 200, 250, 300, 350, 400, 500 мм (по ГОСТ 3262-75):

$$d_{\text{п}} = 0,4 \text{ м.}$$

Уточним скорость пара в трубе:

$$w_{\Pi} = \sqrt{\frac{4W}{\pi \rho_0 d_{\Pi}^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,31}{\pi \cdot 0,2456 \cdot 0,4^2}} = 75,4 \text{ м/с}.$$

Определим гидравлическое сопротивление паропровода по формуле:

$$\Delta p_{\text{г.с.}} = \frac{w_{\Pi}^2 \rho_0}{2} \left(1 + \frac{\lambda L_{\Pi}}{d_{\Pi}} + \sum \zeta \right),$$

где L_{Π} - длина паропровода, м; λ - коэффициент трения; $\sum \zeta$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений (таблица 1).

$$\Delta p_{\text{г.с.}} = \frac{75,4^2 \cdot 0,2456}{2} \left(1 + \frac{0,03 \cdot 15}{0,4} + 2,1 \right) = 2921 \text{ Па}.$$

Давление в сепарационной части выпарного аппарата:

$$p_1 = p_0 + \Delta p_{\text{г.с.}} = 0,4 + \frac{2921}{9,81 \cdot 10^4} = 0,43 \text{ кгс/см}^2.$$

Температуру пара при $p_0 = 0,43 \text{ кгс/см}^2$ определим по таблице свойств насыщенного водяного пара (прил. таблица П1):

$$t_1 = 77,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Гидравлическая депрессия:

$$\Delta t_{\text{г.с.}} = t_1 - t_0 = 77,0 - 75,4 = 1,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2.2 Температурная депрессия

Определим температуру кипения раствора CaCl_2 при наличии абсолютного давления над раствором $p_1 = 0,43 \text{ кгс/см}^2$.

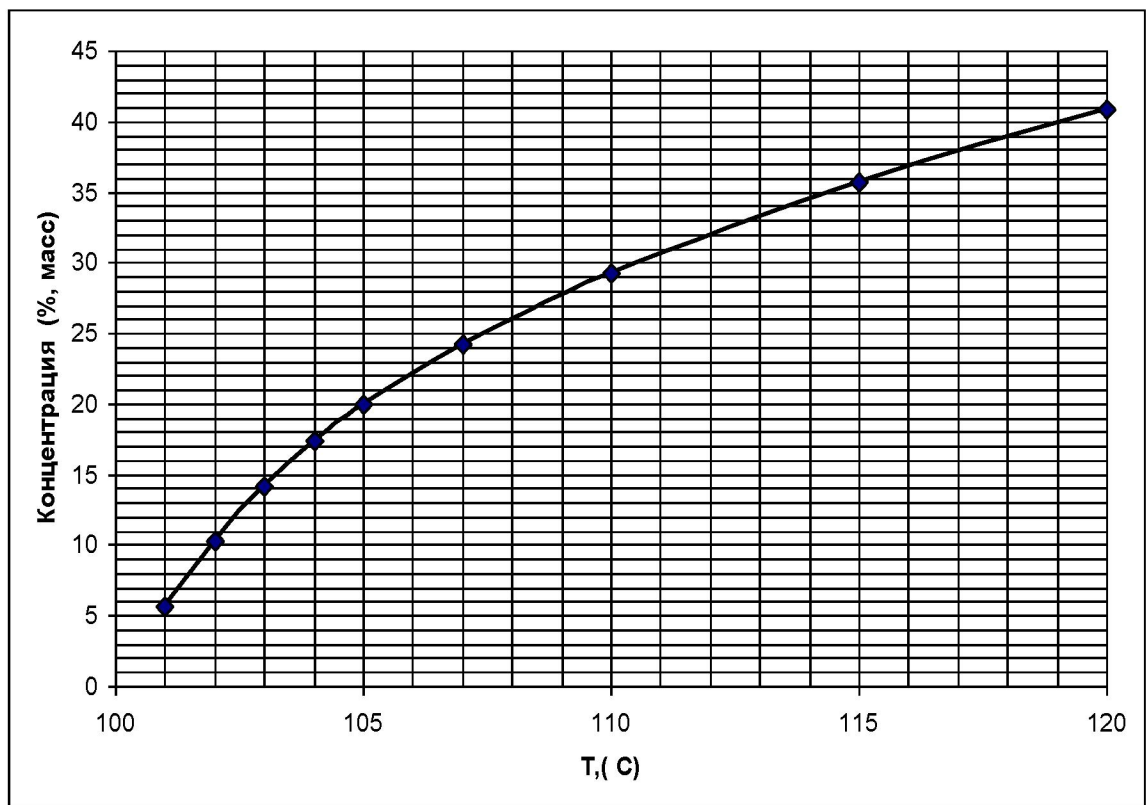


Рис. 2. Температура кипения водного раствора хлористого кальция под атмосферным давлением ($1,033 \text{ кгс/см}^2$) [4].

По рис. 2 находим, что 18% водный раствор хлористого кальция под атмосферным давлением ($1,033 \text{ кгс/см}^2$) кипит при температуре $104,2 \text{ }^\circ\text{C}$. При этой температуре давление насыщенного пара воды (прил. табл. П1) $p_{\text{в}} = 1,2 \text{ кгс/см}^2$.

Отношение давлений пара над раствором p'_1 и воды $p'_{\text{в}}$ при одной и той же температуре $104,2 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\left(\frac{p'_1}{p'_{\text{в}}} \right)_{104,2} = \frac{1,033}{1,2} = 0,86.$$

Согласно правилу Бабо, это отношение сохраняет постоянное значение при всех температурах кипения раствора.

Для искомой температуры кипения раствора при $p_1 = 0,43 \text{ кгс/см}^2$:

$$\left(\frac{p'_1}{p'_{\text{в}}} \right)_t = \frac{0,43}{p_{\text{в}}} = 0,86,$$

откуда

$$p_{\text{в}} = \frac{0,43}{0,86} = 0,5 \text{ кгс/см}^2,$$

чему соответствует по табл. П1 температура кипения воды 80,9 °С. Эту же температуру кипения будет иметь и раствор хлористого кальция (18%) при давлении над раствором 0,43 кгс/см²:

$$t_p = 80,9 \text{ °С.}$$

Температурная депрессия раствора:

$$\Delta t_{\text{депр}} = t_p - t_1 = 80,9 - 77,0 = 3,9 \text{ °С.}$$

Учтем поправку Стабникова. По табл. П2 при $\left(\frac{p_1}{p_{\text{в}}}\right) = 0,86$ и $p_1 = 0,43 \text{ кгс/см}^2 = 0,43 \cdot 735 = 316 \text{ мм. рт. ст.}$ поправка $\Delta t = -0,1 \text{ °С}$. Поправка со знаком минус, потому что теплота растворения хлористого кальция отрицательная. Таким образом,

$$\Delta t_{\text{депр}} = 3,9 - 0,1 = 3,8 \text{ °С.}$$

Таким образом, конечная температура раствора (температура кипения раствора в сепараторе):

$$t_{\text{кон}} = t_1 + \Delta t_{\text{депр}} = 77,0 + 3,8 = 80,8 \text{ °С,}$$

2.3 Гидростатическая депрессия

Оптимальная высота уровня раствора в аппарате по водомерному стеклу:

$$H_{\text{опт}} = (0,26 + 0,0014(\rho_{\text{р}} - \rho_{\text{в}}))H_{\text{тр}},$$

где $H_{\text{тр}}$ - высота кипятильных труб, м.

Согласно табл. П6 выберем в качестве первого приближения ряд аппаратов с кипятильными трубами в 4000 м:

$$H_{\text{тр}} = 4 \text{ м.}$$

Так как плотности раствора ρ_p и воды ρ_v надо брать при температуре кипения раствора, пока неизвестной, примем $t_{\text{кип}} = 85^\circ\text{C}$.

Тогда

$$H_{\text{опт}} = (0,26 + 0,0014(1197 - 969)4 = 2,3 \text{ м.}$$

Здесь $\rho_p = 1197 \text{ кг/м}^3$ – по табл. П3; $\rho_v = 969 \text{ кг/м}^3$ – по табл. П4.

Гидростатическое давление $p_{\text{ср}}$ в середине высоты труб при $H_{\text{опт}}$:

$$p_{\text{ср}} = p_1 + 0,5\rho_p g H_{\text{опт}} = 0,43 + \frac{0,5 \cdot 1197 \cdot 9,81 \cdot 2,3}{9,81 \cdot 10^4} = 0,57 \text{ кгс/см}^2.$$

Температура кипения воды при $0,57 \text{ кгс/см}^2$ (табл. П1) $t_{\text{ср}} = 84,1^\circ\text{C}$.

Относительная погрешность между принятой $t_{\text{кип}}$ и найденной температурой кипения $t_{\text{ср}}$:

$$\delta_t = \frac{|t_{\text{ср}} - t_{\text{кип}}|}{t_{\text{ср}}} \cdot 100 = \frac{|84,1 - 85|}{84,1} \cdot 100 \approx 1,1\%.$$

Так как $\delta_t < 5\%$, считаем, что $t_{\text{кип}} = t_{\text{ср}} = 84,1^\circ\text{C}$.

В случае, если расхождение между температурами превышает 5%, необходимо принять за температуру кипения найденное значение средней температуры и повторить расчет оптимальной высоты и среднего давления до достижения требуемой погрешности.

Гидростатическая депрессия:

$$\Delta t_{\text{г.эф}} = t_{\text{ср}} - t_1 = 84,1 - 77,0 = 7,1^\circ\text{C}.$$

Таким образом, средняя температура кипения раствора в трубах:

$$t_{\text{кип}} = t_{\text{кон}} + \Delta t_{\text{г.эф}} = 80,8 + 7,1 = 87,9^\circ\text{C}.$$

Общая и полезная разность температур:

$$\Delta t_{\text{общ}} = t_{\text{г.п}} - t_o = 108,7 - 75,4 = 33,3^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{\text{пол}} = t_{\text{г.п}} - t_{\text{кип}} = 108,7 - 87,9 = 20,8^\circ\text{C},$$

где $t_{г.п} = 108,7^{\circ}\text{C}$ при давлении насыщения $p_{абс} = 1,4 \text{ кгс/см}^2$ (табл. П1).

Проверка:

$$\sum \Delta t_{\text{пот}} = \Delta t_{г.с} + \Delta t_{\text{депр}} + \Delta t_{г.эф} = 1,6 + 3,8 + 7,1 = 12,5^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{\text{пол}} = \Delta t_{\text{общ}} - \sum \Delta t_{\text{пот}} = 33,3 - 12,5 = 20,8^{\circ}\text{C}.$$

3. Количество теплоты, передаваемой от греющего пара к кипящему раствору:

$$Q_{г.п} = G_{\text{нач}} c_{\text{нач}} (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}) + W (i_{\text{вт.п.}} - c_{\text{в}} t_{\text{кон}}) + Q_{\text{пот}}.$$

где $c_{\text{нач}}$ – теплоемкость разбавленного раствора:

$$c_{\text{нач}} = 4190(1 - x_{\text{нач}}) = 4190(1 - 0,08) = 3855 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)};$$

$i_{\text{вт.п.}} = 2635 \text{ кДж/кг}$ – удельная энтальпия пара при температуре $t_1 = 77,0^{\circ}\text{C}$ (по табл. П1).

Следовательно:

$$Q_{г.п} = 1,05 \left[\frac{15000}{3600} 3855(80,8 - 70) + 2,31(2635 \cdot 10^3 - 4190 \cdot 80,8) \right] = 5764 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

4. Расход греющего пара:

$$G_{г.п} = \frac{Q_{г.п}}{r_{г.п} x} = \frac{5764 \cdot 10^3}{2237 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 2,71 \text{ кг/с},$$

где $r_{г.п} = 2237 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$ – удельная теплота парообразования греющего пара при $p_{абс} = 1,4 \text{ кгс/см}^2$ (табл. П1).

Удельный расход греющего пара:

$$d = \frac{G_{г.п}}{W} = \frac{2,71}{2,31} = 1,17 \frac{\text{кг греющего пара}}{\text{кг испаренной воды}}.$$

Таким образом, для теплоснабжения выпарного аппарата тепловая мощность требуемого парогенератора составит 5764 кВт при паропроизводительности 9,7 т/час.

Предлагается студентам самостоятельно по доступным источникам подобрать парогенератор и привести его в отчете.

5. Расчет коэффициентов теплопередачи

Распределение температур в процессе теплопередачи от пара через стенку к кипящему раствору показано на рис. 3.

Коэффициент теплопередачи определяют по уравнению аддитивности термических сопротивлений:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Примем, что суммарное термическое сопротивление равно термическому сопротивлению стенки $\delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}}$ и накипи $\delta_{\text{н}}/\lambda_{\text{н}}$. Термическое сопротивление загрязнений со стороны пара не учитываем. Получим:

$$\sum \delta/\lambda = 0,002/25,1 + 0,0005/2 = 2,87 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося пара к стенке α_1 равен [1]:

$$\alpha_1 = 2,044 \sqrt{(r_{\text{г.п}} \rho_{\text{ж1}}^2 \lambda_{\text{ж1}}^3) / (\mu_{\text{ж1}} H_{\text{тр}} \Delta t_1)},$$

где $r_{\text{г.п}}$ – теплота конденсации греющего пара, Дж/кг; $\rho_{\text{ж1}}$, $\lambda_{\text{ж1}}$, $\mu_{\text{ж1}}$ – соответственно плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$), теплопроводность $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, вязкость ($\text{Па} \cdot \text{с}$) конденсата при средней температуре пленки $t_{\text{пл}} = t_{\text{г.п}} - \Delta t_1 / 2$, где Δt_1 – разность температур конденсации пара и стенки, $^{\circ}\text{C}$.

Расчет α_1 ведут методом последовательных приближений.

5.1 Первое приближение

В первом приближении примем $\Delta t_1 = 3,0^{\circ}\text{C}$, тогда:

$$t_{\text{пл}} = 108,7 - 3/2 = 107,2^{\circ}\text{C}.$$

По табл. П4 определим свойства воды при температуре $t_{\text{пл}}$:

$$\rho_{\text{ж1}} = 953 \text{ (кг}/\text{м}^3\text{)}, \lambda_{\text{ж1}} = 0,65 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \mu_{\text{ж1}} = 0,00024 \text{ (Па} \cdot \text{с)}.$$

Таким образом,

$$\alpha_1 = 2,04 \sqrt[4]{(2237 \cdot 10^3 \cdot 953^2 \cdot 0,65^3) / (0,00024 \cdot 4 \cdot 3)} = 7641 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Для установившегося процесса передачи тепла справедливо уравнение

$$q = \alpha_1 \Delta t_1 = \Delta t_{\text{ст}} / (\sum \delta / \lambda) = \alpha_2 \Delta t_2$$

где q – удельная тепловая нагрузка, Вт/м²; $\Delta t_{\text{ст}}$ – перепад температур на стенке, °С; Δt_2 – разность между температурой стенки со стороны раствора и температурой кипения раствора, °С.

Отсюда

$$\Delta t_{\text{ст}} = \alpha_1 \Delta t_1 \sum \delta / \lambda = 7641 \cdot 3 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 6,58^\circ\text{С}.$$

Тогда

$$\Delta t_2 = \Delta t_{\text{пол}} - \Delta t_{\text{ст}} - \Delta t_1 = 20,8 - 6,58 - 3 = 11,33^\circ\text{С}.$$

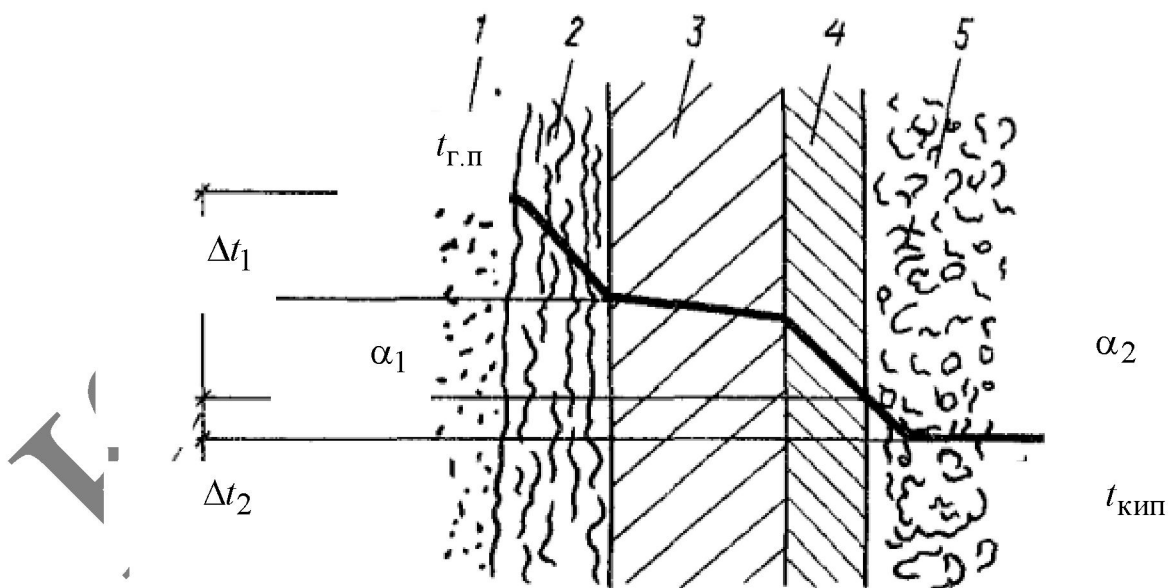


Рис. 3. Распределение температур в процессе теплопередачи от пара к кипящему через многослойную стенку:

1 – пар; 2 конденсат; 3 — стенка; 4 — накипь; 5 — кипящий раствор

Коэффициент теплоотдачи от стенки к кипящему раствору для пузырькового кипения в вертикальных кипятильных трубках при условии естественной циркуляции раствора равен:

$$\alpha_2 = 780 q^{0,6} \frac{\lambda_2^{1,3} \rho_2^{0,5} \rho_{п2}^{0,06}}{\sigma_2^{0,5} r_{в2}^{0,6} \rho_{патм}^{0,66} c_2^{0,3} \mu_2^{0,3}},$$

где $\rho_{патм} = 0,597 \text{ (кг/м}^3\text{)}$ - плотность пара при атмосферном давлении ($1,033 \text{ кгс/см}^2$).

Физические свойства раствора хлористого кальция определяются по табл. ПЗ при температуре кипения $t_{кип} = 87,9^\circ\text{C}$:

$$\begin{aligned} \lambda_2 &= 0,62 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}, \quad \rho_2 = 1196 \text{ (кг/м}^3\text{)}, \\ \sigma_2 &= 0,072 \text{ Н/м}, \quad \mu_2 = 0,00042 \text{ (Па} \cdot \text{с)} \\ c_2 &= 4190(1 - x_{кон}) = 4190(1 - 0,18) = 3436 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}. \end{aligned}$$

Плотность пара и теплота парообразования при $t_{кип} = 87,9^\circ\text{C}$ определяются по табл. П1:

$$\rho_{п2} = 0,392 \text{ (кг/м}^3\text{)}, \quad r_{в2} = 2290 \text{ Дж/кг}.$$

Подставив численные значения, получим:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= 780 q^{0,6} \frac{0,62^{1,3} \cdot 1196^{0,5} \cdot 0,392^{0,06}}{0,072^{0,5} (2290 \cdot 10^3)^{0,6} 0,597^{0,66} 3436^{0,3} (0,00042)^{0,3}} = \\ &= 9,8(\alpha_1 \Delta t_1)^{0,6} = 9,8(7641 \cdot 3)^{0,6} = 4048 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}. \end{aligned}$$

Проверим правильность первого приближения по равенству удельных тепловых нагрузок:

$$\begin{aligned} q' &= \alpha_1 \Delta t_1 = 7641 \cdot 3 = 22925 \text{ Вт/м}^2; \\ q'' &= \alpha_2 \Delta t_2 = 4048 \cdot 11,33 = 45873 \text{ Вт/м}^2. \end{aligned}$$

Как видим, $q' \neq q''$.

5.2 Второе приближение

Для второго приближения примем $\Delta t_1 = 5,0^\circ\text{C}$ (рекомендуется изменять Δt_1 не более чем на $2 \div 3^\circ\text{C}$ по сравнению с предыдущим приближением).

Повторив процедуру выполненную при первом приближении получим:

$$\alpha_1 = 6694 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$\alpha_2 = 4048 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}):$$

$$q' = 33473 \text{ Вт}/\text{м}^2:$$

$$q'' = 25522 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Очевидно, что $q' \neq q''$.

5.3 Третье приближение

Для расчета в третьем приближении строим графическую зависимость удельной тепловой нагрузки q от разности температур между паром и стенкой (рис. 4) и определяем $\Delta t_1 = 4,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

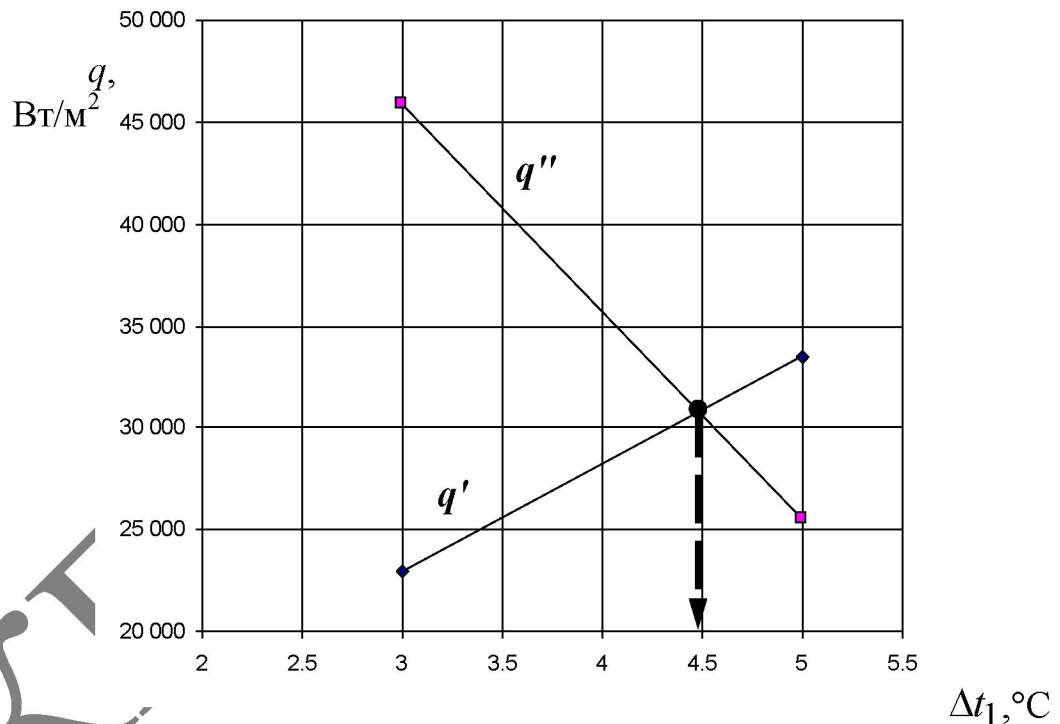


Рис. 4. Зависимость удельной тепловой нагрузки q от разности температур Δt_1

Получим:

$$\alpha_1 = 6887 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$\alpha_2 = 4048 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}):$$

$$q' = 30890 \text{ Вт}/\text{м}^2:$$

$$q'' = 30605 \text{ Вт/м}^2.$$

Как видим, $q' \approx q''$, относительная погрешность составляет:

$$\delta_q = \frac{2|q' - q''|}{q' + q''} \cdot 100 \approx 0,9\%.$$

Если расхождение между тепловыми нагрузками не превышает 3% расчет коэффициентов α_1 и α_2 на этом заканчивают.

Коэффициент теплопередачи:

$$K = 1/(1/6887 + 2,87 \cdot 10^{-4} + 1/4048) = 1472 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{K)}.$$

6. Площадь поверхности нагрева выпарного аппарата:

$$F = \frac{Q_{г.п}}{K \Delta t_{пол}} = \frac{5764 \cdot 10^3}{1472 \cdot 20,8} = 188,3 \text{ м}^2.$$

По найденной поверхности теплообмена выпарного аппарата выберем из аппаратов заданного типа с длиной кипяtilльных труб 4000 мм с ближайшей большей поверхностью:

$F, \text{ м}^2$	D , мм, не ме- нее	D_1 , мм. не бо- лее	D_2 , мм, не бо- лее	H , мм, не бо- лее	M , кг, не бо- лее
$l=4000 \text{ мм}$					
200	1200	2800	800	16 000	15 000

На этом тепловой расчет выпарного аппарата считаем законченным.

7. Определение толщины тепловой изоляции

Толщину тепловой изоляции $\delta_{и}$ находят из равенства удельных тепловых потоков через слой изоляции от поверхности изоляции в окружающую среду:

$$\alpha_{в}(t_{ст2} - t_{в}) = (\lambda_{и} / \delta_{и})(t_{ст1} - t_{ст2}),$$

$$\alpha_{в} = 9,3 + 0,058 t_{ст2}$$

где α_B - коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности изоляционного материала в окружающую среду, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $t_{\text{ст}2}$ - температура изоляции со стороны окружающей среды (воздуха); $t_{\text{ст}1}$ - температура изоляции со стороны аппарата; ввиду незначительного термического сопротивления стенки аппарата по сравнению с термическим сопротивлением слоя изоляции $t_{\text{ст}1}$ принимают равной температуре греющего пара $t_{\text{г.п}}$; t_B - температура окружающей среды (воздуха); λ_H - коэффициент теплопроводности изоляционного материала, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

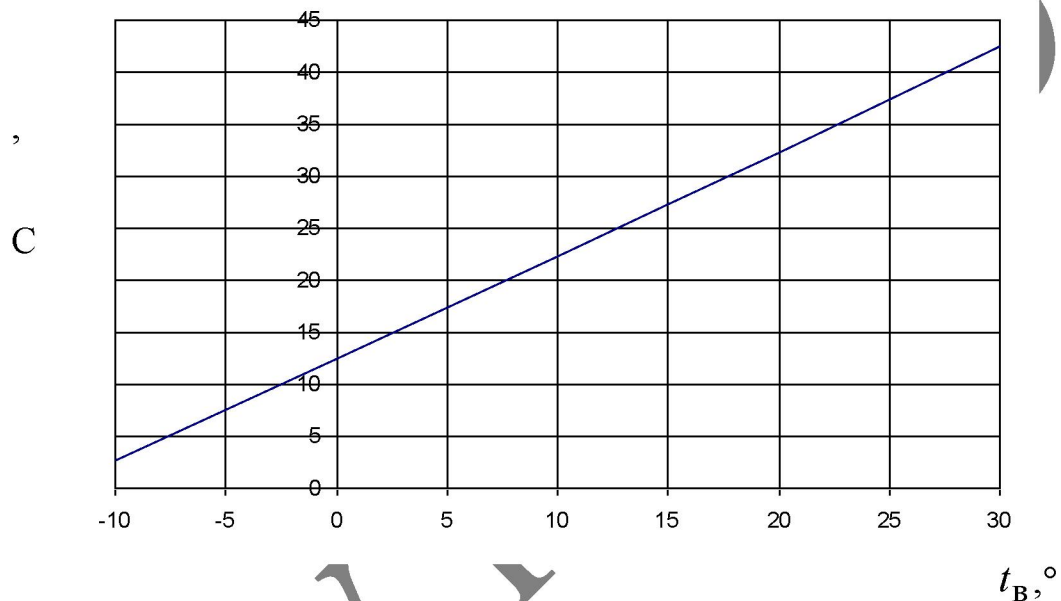


Рис. 5. Зависимость температуры стенки от температуры окружающей среды

Зададимся температурой окружающей среды $t_B = 10^\circ\text{C}$, тогда по рис.5 получим:

$$t_{\text{ст}2} = 22^\circ\text{C}$$

$$\alpha_B = 9,3 + 0,058 \cdot 22 = 10,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

В качестве материала для тепловой изоляции выберем совелит (85% магнезии + 15% асбеста) имеющий коэффициент теплопроводности $\lambda_H = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Тогда получим

$$\delta_H = \frac{0,09(108,7 - 22,0)}{10,6(22,0 - 10,0)} = 0,06 \text{ м.}$$

Принимаем толщину тепловой изоляции 0,06 м.

8. Расход охлаждающей воды на конденсатор

Расход охлаждающей воды G_B определяют из теплового баланса конденсатора:

$$G_B = \frac{W(i_{\text{п0}} - c_B t_{\text{БК}})}{c_B(t_{\text{БК}} - t_{\text{ВН}})},$$

где $i_{\text{п0}} = 2632 \cdot 10^3$ Дж/кг - энтальпия паров в барометрическом конденсаторе (по табл. П1 при температуре t_0); $t_{\text{ВН}}$ - начальная температура охлаждающей воды, °C; $t_{\text{БК}}$ - конечная температура смеси воды и конденсата, °C.

Разность температур между паром и жидкостью на выходе из конденсатора должна быть 3-5 град. Поэтому конечную температуру воды $t_{\text{БК}}$ на выходе из конденсатора примем на 3 град ниже температуры конденсации паров:

$$t_{\text{БК}} = t_0 - 3,0 = 75,4 - 3,0 = 72,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Принимаем $t_{\text{ВН}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$, тогда

$$G_B = \frac{2,31(2632 \cdot 10^3 - 4190 \cdot 72,4)}{4190(72,4 - 20)} = 24,6 \text{ кг/с.}$$

9. Расчет производительности вакуум-насоса

Производительность вакуум-насоса $G_{\text{возд}}$ определяется количеством газа (воздуха), который необходимо удалять из барометрического конденсатора:

$$G_{\text{возд}} = 2,5 \cdot 10^{-5}(W + G_B) + 0,01W,$$

где $2,5 \cdot 10^{-5}$ - количество газа, выделяющегося из 1 кг воды; 0,01 - количество газа, подсасываемого в конденсатор через неплотности, на 1 кг паров. Тогда

$$G_{\text{возд}} = 2,5 \cdot 10^{-5}(2,31 + 24,6) + 0,01 \cdot 2,31 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с.}$$

Объемная производительность вакуум-насоса равна:

$$V_{\text{возд}} = R(273 + t_{\text{возд}})G_{\text{возд}} / (M_{\text{возд}} p_{\text{возд}}),$$

где $R = 8310 \text{ Дж/(кмоль} \cdot \text{K)}$; – универсальная газовая постоянная, $M_{\text{возд}} = 29 \text{ кг/кмоль}$ – молекулярная масса воздуха, $t_{\text{возд}}$ – температура воздуха, °C; $p_{\text{возд}}$ – парциальное давление сухого воздуха в барометрическом конденсаторе, Па.

Температура воздуха рассчитывают по уравнению

$$t_{\text{возд}} = t_{\text{вн}} + 4 + 0,1(t_{\text{вк}} - t_{\text{вн}}) = 20 + 4 + 0,1(72,4 - 20) = 29,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Давление воздуха равно:

$$p_{\text{возд}} = p_0 - p_{\text{п}},$$

где $p_{\text{п}} = 0,039 \text{ кгс/см}^2$ – давление сухого насыщенного пара при $t_{\text{возд}} = 27^{\circ}\text{C}$. Подставив, получим:

$$p_{\text{возд}} = (0,15 - 0,039) \cdot 9,8 \cdot 10^4 = 3,5 \cdot 10^4 \text{ Па}.$$

Тогда

$$V_{\text{возд}} = \frac{8310(273 + 27)2,4 \cdot 10^{-3}}{29 \cdot 3,5 \cdot 10^4} = 0,06 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 3,5 \frac{\text{м}^3}{\text{мин}}.$$

Требуемую мощность для привода вакуумного насоса можно оценить по таблице П5 подобрав по производительности и остаточному давлению водокольцевой насос марки ВВН.

При $p_0 = 0,4 \text{ кгс/см}^2$ и $V_{\text{возд}} = 3,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ выберем насос ВВН 2-3, при этом мощность привода составит $N = 5,5 \text{ кВт}$.

Порядок оформления расчетно-пояснительной записки

Параметры страницы. Текст расчетно-пояснительной записки (далее РПЗ) должен быть выполнен любым печатным способом на пишущей машинке или с использованием компьютера и принтера на одной стороне белой бумаги формата А4 (210x297) мм через полтора интервала черным цветом, кегль 14 Times New Roman, величина абзацного отступа 12 мм. Выравнивание по ширине. Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. В общую нумерацию включаются все листы РПЗ, начиная с титульного за исключением приложений.

В исключительных случаях допускается рукописное изложение текста пояснительной записки одним из цветов: черным, синим, фиолетовым, высота букв и цифр должна быть не менее 2,5 мм, расстояние между строками не менее 7 мм и не более 10 мм, величина абзацного отступа 12 мм.

Не разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры. Полужирный шрифт и подчеркивание не применяются.

Написание текста должно быть четким, качественным. Описки и графические неточности, обнаруженные в тексте, могут быть исправлены после аккуратной подчистки или закрашиванием белой краской. Наклейки не допускаются.

Текст РПЗ печатается (пишется) с соблюдением полей: не менее 5 мм от рамки.

Изложение текста РПЗ проекта начинается на листе с основной надписью по форме 2 ГОСТ 2.104, продолжается на листах с основной надписью по форме 2а ГОСТ 2.104. Образцы представлены в прил. П7,8.

Структура курсовой работы. Курсовая работа состоит из двух частей: расчетно-пояснительной записки и графической части.

РПЗ должна содержать следующие разделы:

Аннотация

1. Краткая характеристика проекта
2. Теплотехнологический расчет выпарного аппарата.
3. Расчет энергообеспечения выпарной установки
4. Выводы по проекту
5. Список литературы

Приложения

Графическая часть курсовой работы состоит из чертежа общего вида выпарного аппарата.

Законченная РПЗ должна быть сброшюрована в твердой обложке в следующей последовательности:

1. Титульный лист;

2. Лист задание;
3. Отзыв руководителя;
5. Содержание (располагается на первом листе прил. П7);
6. Основная часть расчетно-пояснительной записки (по содержанию, включая приложения).

В РПЗ проекта не допустимы ксерокопии документов.

Примеры оформления титульного листа и бланка задания приведены в прил. П9, 10.

КТЭУ каф. ЭЭ

Порядок оформления графической части

В рамках четвертой задачи проекта студент обязан выполнить чертеж общего вида спроектированного выпарного аппарата. Пример чертежа приведен в приложении П11.

Требования к выполнению чертежей общего вида приведены в справочной литературе [1].

Размеры аппаратов по ГОСТ приведены в каталогах [6,7].

Графическая часть курсового проекта, выполняется с соблюдением стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД, ГОСТ 2.), Единой системы технологической документации (ЕСТД, ГОСТ 3.), Системы проектной документации для строительства (СПДС, ГОСТ 21.), Единой системы программной документации (ЕСПД, ГОСТ 19.) и других нормативных документов, устанавливающих требования к выполнению конкретной документации, например ГОСТ 2.412. Правила выполнения чертежей и схем оптических изделий, ГОСТ 2. 109. Общие требования к чертежам, ГОСТ 2.701. Общие требования к оформлению электрических схем и т. д.

Графическая часть выполняется на одной стороне белой чертёжной бумаги в соответствии с требованиями ГОСТ 2.301. формата А1 - размер листа (594 x 841) мм, А2 - (420 x 594) мм. В обоснованных случаях для отдельных листов допускается применение других форматов.

Требования к оформлению графической части изложены в стандартах ЕСКД: ГОСТ 2. 302. Масштабы, ГОСТ 2.303. Линии, ГОСТ 2.304. Шрифты, ГОСТ 2.305. Изображения - виды, разрезы, сечения и т. д.

Основная надпись на чертежах выполняется по ГОСТ 2.104 (пример представлен в прил. П12).

Рекомендуемая литература

1. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.Т. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991.
2. Мутрисков А.Я., Моряшов А.А., Елдашев Д.А. Проектирование теплообменного оборудования. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. 2003.
3. Конахин А.М. Теплообменное оборудование предприятий. Программа, методические указания и задания на контрольную работу. Для студентов-заочников. 2-е изд., испр. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2005.
4. Павлов К.Ф. , Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. —Л.: Химия, 1987.
5. Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементоорганических соединений. — С.-Мб.: АНО НПО «Мир и Семья», 2002. —1280с.
6. ГОСТ 11987-85. Аппараты выпарные трубчатые стальные.
7. Каталог УКРНИИХИММАШа. Выпарные аппараты вертикальные трубчатые общего назначения. М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1985. 38 с.

Приложения

Таблица П1. Свойства насыщенного водяного пара

Давление (абсолютное) p , кгс/см ²	Температура T , °C	Удельный объем v , м ³ /кг	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная энтальпия жидкости i' , кДж/кг	Удельная энтальпия пара i'' , кДж/кг	Удельная энтальпия пара r , кДж/кг
0.20	59.70	7.9770	0.12830	250.10	2607.00	2358.00
0.30	68.70	5.3310	0.18760	287.90	2620.00	2336.00
0.40	75.40	4.0720	0.24560	315.90	2632.00	2320.00
0.50	80.90	3.3040	0.30270	339.00	2642.00	2307.00
0.60	85.50	2.7850	0.35900	358.20	2650.00	2296.00
0.70	89.30	2.4110	0.41470	375.00	2657.00	2286.00
0.80	93.00	2.1280	0.46990	389.70	2663.00	2278.00
0.90	96.20	1.9060	0.52460	403.10	2668.00	2270.00
1.00	99.10	1.7270	0.57900	415.20	2677.00	2264.00
1.033	100.00	1.6750	0.59700	398.10	2671.00	2273.00
1.20	104.20	1.4570	0.68650	437.00	2686.00	2249.00
1.40	108.70	1.2610	0.79310	456.30	2693.00	2237.00
1.60	112.70	1.1130	0.89800	473.10	2703.00	2227.00
1.80	116.30	0.9970	1.00300	483.60	2709.00	2217.00
2.00	119.60	0.9030	1.10700	502.40	2710.00	2208.00
3.00	132.90	0.6180	1.61800	558.90	2730.00	2171.00

Таблица П2. Поправка Стабникова

Отношение $\left(\frac{p_1}{p_B}\right)$	Давление, мм.рт.ст.							
	50	100	150	200	250	300	400	450
0.9	1.41	0.90	0.39	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
0.8	1.80	1.50	1.20	0.90	0.60	0.30	0.20	0.10
0.7	3.60	2.60	2.20	1.80	1.58	1.35	0.90	0.68
0.6	-	-	3.60	3.20	2.80	2.33	1.35	0.90
0.5	-	-	-	3.60	3.10	2.60	2.07	1.80
0.4	-	-	-	-	3.60	3.10	2.33	2.07
0.3	-	-	-	-	-	3.60	2.60	2.33

Таблица ПЗ. Свойства раствора хлористого кальция (25%)

Темпера- тура T , °C	Плотность ρ , кг/м ³	Поверхно- стное на- тяжение σ , Н/м	Динами- ческая вязкость μ , Па с	Теплопро- водность λ , Вт/м К
40	1220	0.0806	1.85E-03	0.542857
60	1210	0.0772	1.55E-03	0.571429
80	1200	0.0736	0.00065	0.6
100	1190	0.0699	0.000061	0.65
120	1180	0.0659	0.00005	0.7

Таблица П4. Свойства воды

Темпера- тура T , °C	Плотность ρ , кг/м ³	Динами- ческая вязкость μ , Па с	Теплопро- водность λ , Вт/м К
1	2	3	4
40	992	0.000656	0.6
50	988	0.000549	0.615
60	983	0.000469	0.63
70	978	0.0004	0.635
80	972	0.000357	0.64
90	965	0.000314	0.645
100	958	0.000271	0.65
110	951	0.000228	0.655
120	943	0.000185	0.66

Таблица П5. Характеристики вакуумных водокольцевых насосов типа ВВН

Типоразмер	Производительность при давлении 300 мм рт. ст., м ³ /мин (м ³ / час)	Предельное остаточное давление, мм рт. ст.	Диапазон рабочих давлений, мм рт.ст.	Мощность элек- гродвигателя, кВт
ВВН 2-0,15	0.2(12)	20	60.. 760	0.37
ВВН 2-0,3	0.3 (18)	20	60... 760	0.55
ВВН 2-0,75	0.75 (50)	20	60... 760	1.5
ВВН 2-1,1	1.15 (70)	20	60...760	2.2
ВВН 2-1,5	1.5 (90)	20	60...760	5.5
ВВН 2-2	2(120)	20	60...760	5.5
ВВН 2-3	3(180)	20	60...760	5.5
ВВН 2-6	6(360)	20	60...760	11

1. Таблица П6. Техническая характеристика выпарного аппарата с естественной циркуляцией, соосной греющей камерой и солеотделением (тин 1, исполнение 3 ГОСТ 11987-81)

$F, м^2$		$D, мм,$ не ме- нее	$D_1, мм.$ не бо- лее	$D_2, мм,$ не бо- лее	$H, мм,$ не бо- лее	$M, кг,$ не бо- лее
$l=4000 мм$	$l=6000 мм$					
10		400	600	200	14 500	1 900
16	—	400	800	250	14 500	2 500
25	—	600	1000	300	14 500	2 700
40	50	600	1200	400	15 500	3 000
63	80	800	1600	500	15 500	3 500
100	112	1000	1800	600	15 500	5 200
125	140	1000	2200	700	16 000	10 000
160	180	1200	2400	700	16 000	12 500
200	224	1200	2800	800	16 000	15 000
250	280	1400	3200	900	16 500	20 000
315	355	1600	3600	1000	17 500	23 000
—	400	1600	3800	1000	17 500	30 000
—	450	1600	4000	1000	18 000	31 500
—	500	1600	4500	1200	18 000	33 000
—	560	1600	4500	1200	18 000	40 000
—	630	1800	5000	1200	19 000	43 500
—	710	1800	5600	1400	19 000	48 500
—	800	2000	5600	1400	19 000	50 000

Примечания. 1. Высота парового пространства H_1 — не более 2500 мм. 2. Условное давление в греющей камере — от 0,014 до 1,6 МПа, в сепараторе — от 0,0054 до 1,6 МПа. 3. Диаметр трубы $d = 38 \times 2$ мм.

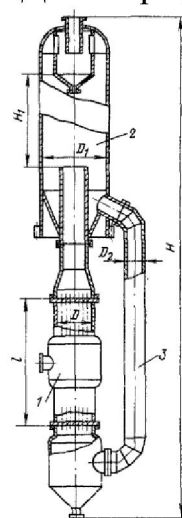


Схема аппарата

1 — греющая камера; 2 — сепаратор; 3 — циркуляционная труба

Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------

Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КП 00.000.01 ПЗ Выпарной аппарат с естественной циркуляцией	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Иванова А.А.						1	4
	Пров.	Петров Б.Б.							
	Нконтр.								
	Утв.	Ильин В.К.						Номер группы	

№№. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
КП 00.0000.01 ПЗ				Лист
				4



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

(полное название института)

(полное название кафедры)

КУРСОВАЯ РАБОТА/КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «_____»,

тема «_____»

Выполнил:

_____ (Ф.И.О.)

обучающийся _____ курса

группы _____

(подпись)

Руководитель работы:

(ФИО, должность, кафедра)

Работа выполнена и

защищена с оценкой _____ Дата защиты _____

(подпись руководителя)

Члены комиссии:

(должность)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

(должность)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

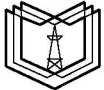
(должность)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Казань, 20__ г.

Приложение П10. Бланк задания курсовой работы



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО «КГУ»)

Институт теплоэнергетики

Кафедра "Энергообеспечение предприятий,
строительство зданий и сооружений"

Профиль: _____

Группа: _____

**ЗАДАНИЕ
к курсовой работе**

1. Тема _____
(с титульного листа)

2. Срок сдачи: _____

3. Исходные данные: _____

(основные условия проектирования)

4. Содержание расчетно-пояснительной записки: _____

5. Перечень графического материала: _____

6. Дата выдачи задания: _____

Руководитель проекта _____ (должность, ФИО)

Задание принял к исполнению _____ (студент, ФИО)

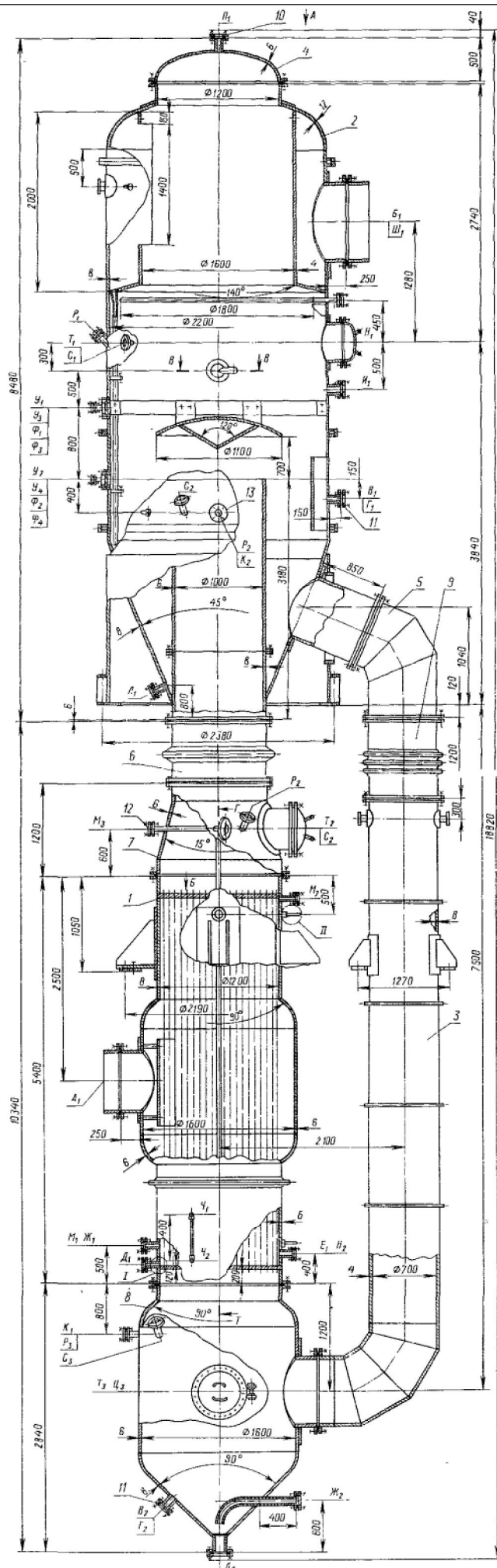
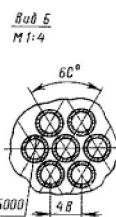
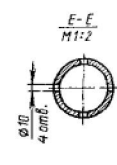
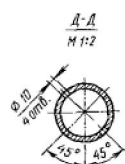
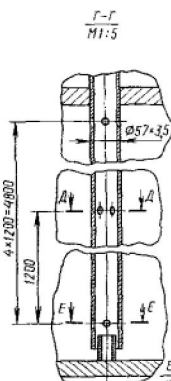
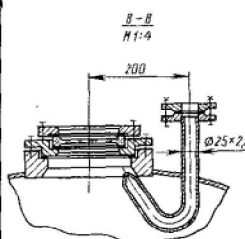


Таблица штіцеров

Позво- ни- те	Наименование	Количество	Продол- жительность, в ч, мин	Давление испытания, в МПа
A ₁	Вход грохочущего пара	1	600	0,6
B ₁	Выход дымового пара	1	600	0,6
B ₁₋₂	Вход раствора	2	150	0,6
G ₁₋₂	Выход раствора	2	100	0,6
E ₁	Выход конденсата	1	100	0,6
F ₁	Технологический	1	100	0,6
Ж ₁₋₂	для промывки	2	50	0,6
H ₁₋₂	Технологический	2	100	0,6
K ₁₋₂	Отбор проб	2	40	0,6
L ₁₋₂	Слив	2	80	0,6
M ₁₋₂	Сдвуха	3	65	0,6
N ₁₋₂	Воздушки	2	80	0,6
O ₁₋₂	для термометра сопротивления	3	50	2,5
P ₁₋₂	для термометра ртутного	3	50	2,5
С ₁	для пистолета или манометра	1	50	1,6
T ₁₋₂	Лох	3	500	0,6
У ₁₋₂	Окно смотровое	4	150	0,6
Ф ₁₋₂	Промывка смотрового окна	4	20	0,6
Ц ₁₋₂	для промывки	3	80	0,6
Ч ₁₋₂	для указателя уровня	2	20	0,6
Ш ₁	для выработки доплыва	1	50	0,6



Техническая характеристика

1. Аппарат предназначен для уваривания раствора КОН от начальной концентрации 6 % масс.
2. Объем номинальный аппарата 45,6 м³, межтрубного пространства 2.
3. Производительность 0,45 кг/с (по сухой соли раствору).
4. Площадь поверхности теплообмена - 250 м².
5. Абсолютное давление в аппарате от 0,5 до 0,008 МПа, в межтрубном пространстве от 0,6 до 0,1 МПа.
6. Максимальная температура в трубном пространстве 115°С, в межтрубном пространстве 100°С.
7. Состав 4 аппарата в трубном пространстве - водный раствор КОН в межтрубном пространстве - насыщенный водный пар.

Технические требования

1. При изготовлении аппарата руководствоваться ГОСТ 26-05-112-79, ГОСТ 12-100-74.
2. Корпус аппарата и соединительные с наружными раструбными деталями изготовить из стали 1Х18Н10Т ГОСТ 5632-72, остальные — из стали Ст 3сп. ГОСТ 380-71.
3. Аппарат испытывать на прочность и плотность в горизонтальном положении пробным гидравлическим давлением 0,9 МПа.
4. Аппарат подлежит приемке согласно правилам приемки Госстандарта СССР.
5. Сварные соединения контролировать рентгенопросвечиванием в объеме 100% по ЦСТ 26-291-71. Сварные соединения не подлежащие контролю контролировать на стойкость против межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6833-74.
6. Незащищенный диаметр штуцера — 120 мм.
7. Действие елные расположение штуцеров, лап, опор, монтажных узлов см. на виде А.
8. Размеры для справок.

Роз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса шт	Наименование и марка материала	Примечание
1		Камера греющая	1			
2		Селаратор	1			
3		Труба циркуляционная	1			
4		Крышка	1			
5		Колесо	1			
6		Корпус	1			
7		Корпус	1			
8		Камера	1			
9		Вставка	1			
10		Фланец	1		1Х18Н10Т	
11		Фланец	2		1Х18Н10Т	
12		Фланец	1		1Х18Н10Т	
13		Фланец	1		1Х18Н10Т	

00.00.000 BO

Аппарат выпарной сестест- бенной циркуляцией, соосной греющей камерой и солеот- делителем.	Лист	Масса	Масштаб
Чертеж общего вида			1:20
	Лист	Листов	

Приложение П12. Образец оформления основной надписи чертежа

					<i>КП 00.000.01 В0</i>				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Выпарной аппарат с естественной циркуляцией</i>		<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Студент</i>							<i>1:1</i>	
<i>Пров.</i>	<i>Руководитель</i>								
<i>Т.контр.</i>							<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	<i>1</i>
<i>Н.контр.</i>					<i>Чертеж общего вида</i>		<i>Группа</i>		
<i>Утв.</i>	<i>Зав. каф.</i>								
					<i>Копировал</i>		<i>Формат А1</i>		

КГЭУ кач