

Схемы многокорпусных выпарных установок

Выполнили студенты гр. 2Д5Б(А): Александров А.,
Елисеев А., Ипокова А., Марданов К., Лунев Н., Михневич
Е., Попова О., Саввина Н.

Типовые схемы многокорпусных выпарных установок

- *прямоточные*
- *противоточные*
- *с параллельным питанием корпусов раствором*
- *смешанного тока*

Прямоточная установка

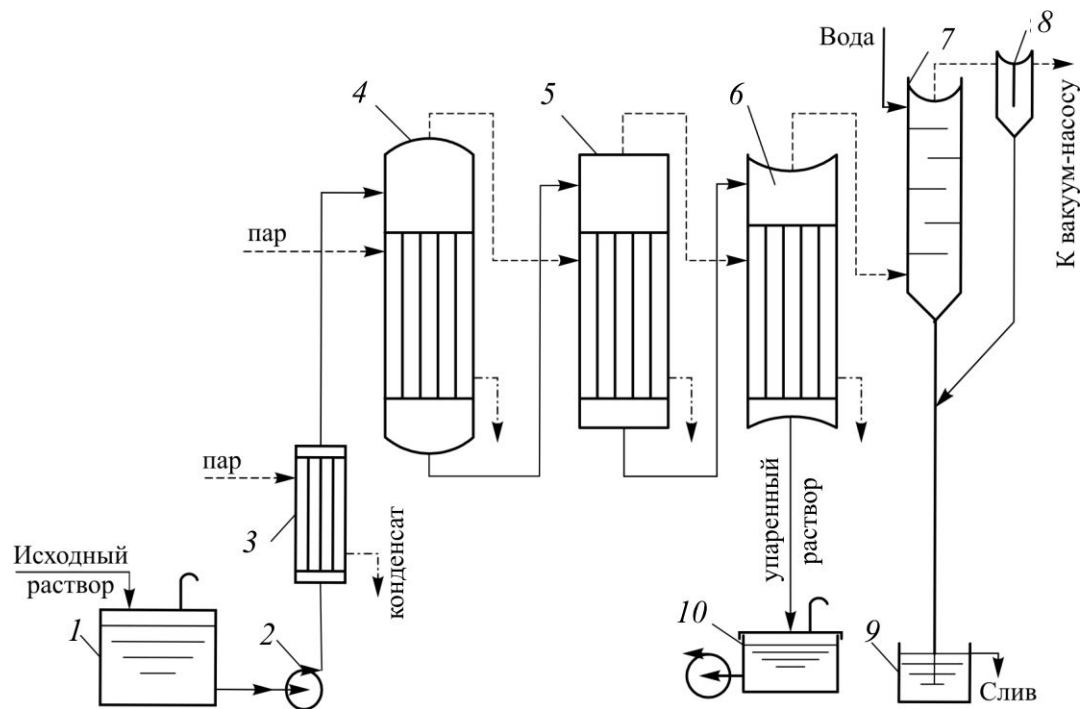


Рисунок 1 – Принципиальная схема многокорпусной прямоточной выпарной установки:
1 – емкость исходного раствора; 2 – насос 3 – подогреватель исходного раствора;
4, 5, 6 – корпуса выпарной установки; 7 – барометрический конденсатор смешения;
8 – ловушка; 9 – бак-гидрозатвор; 10 – емкость упаренного раствора

Преимущества и недостатки

- раствор движется из корпуса в корпус самотеком
- понижение температуры кипения раствора происходит по мере увеличения его концентрации (что особенно важно для сохранения качества растворов термолабильных веществ)
- поступление в выпарной аппарат перегретой жидкости улучшает процесс выпаривания.
- уменьшение по корпусам коэффициента теплопередачи из-за увеличения концентрации раствора (повышения вязкости) и одновременного снижения температуры кипения.

Противоточная установка

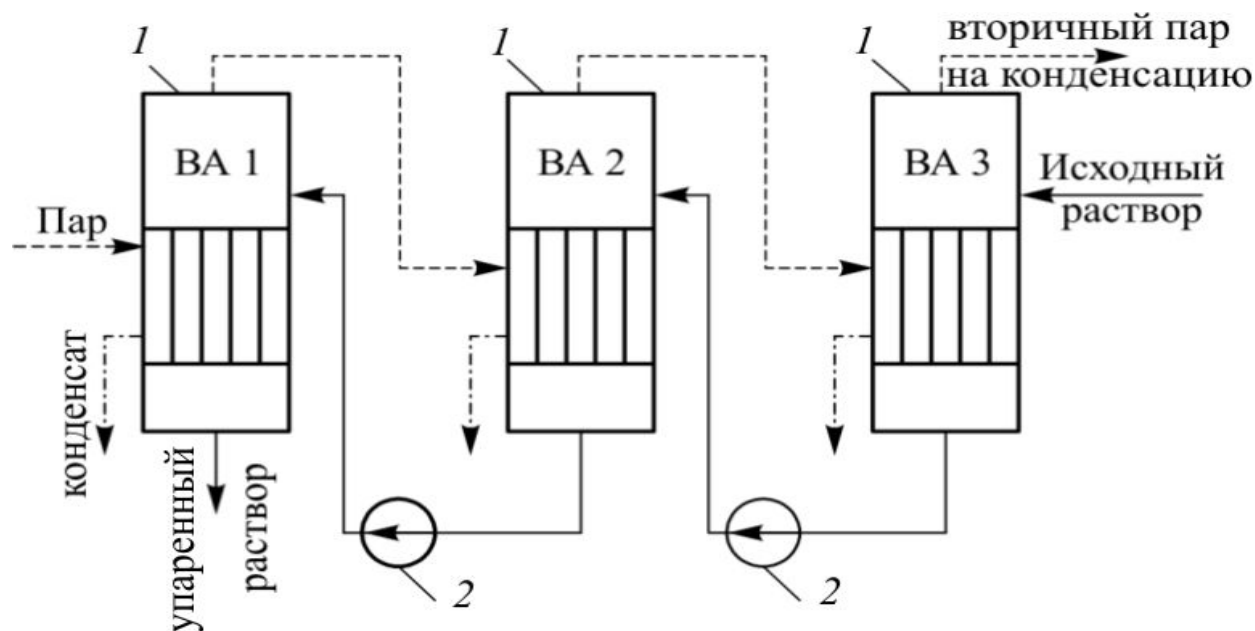


Рисунок 2 – Принципиальная схема противоточной выпарной установки:
1 – корпуса; 2 – насосы

Преимущества и недостатки

- Более вязкий (концентрированный) раствор имеет более высокую температуру, следовательно, средний коэффициент теплопередачи для этих установок наиболее высокий.
- Коэффициенты теплопередачи значительно меньше изменяются по корпусам, чем при прямотоке, особенно, при выпаривании растворов, у которых с увеличением концентрации значительно увеличивается вязкость.
- Необходимость установки насосов, которые перекачивают раствор из корпуса с меньшим давлением в корпус с большим давлением, и промежуточных подогревателей для нагревания раствора до температуры кипения в соответствующем корпусе.
- Вывод из первого корпуса концентрированного раствора с высокой температурой приводит к большим потерям теплоты, чем для других схем.

Установка смешанного тока

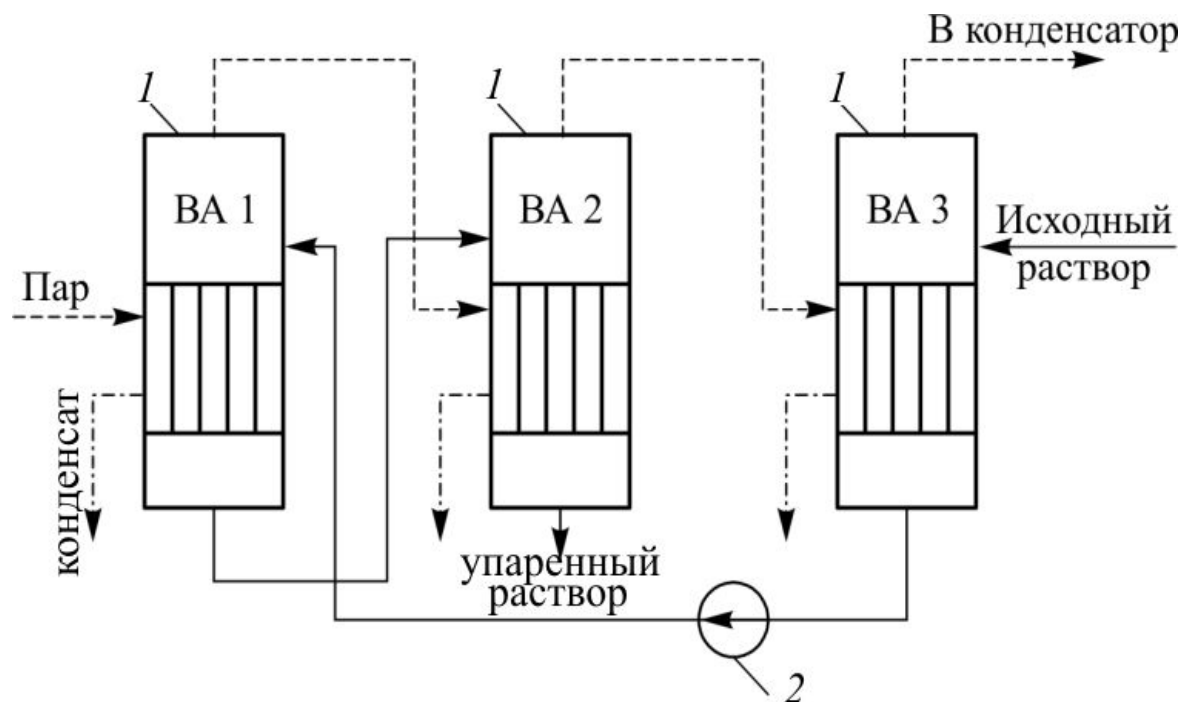


Рисунок 3 – Схема выпарной установки смешанного тока:
1 – корпуса, 2 – насос

Преимущества и недостатки

- Установки смешанного тока имеют недостатки и преимущества прямоточных и противоточных схем.

Установка с параллельным питанием корпусов

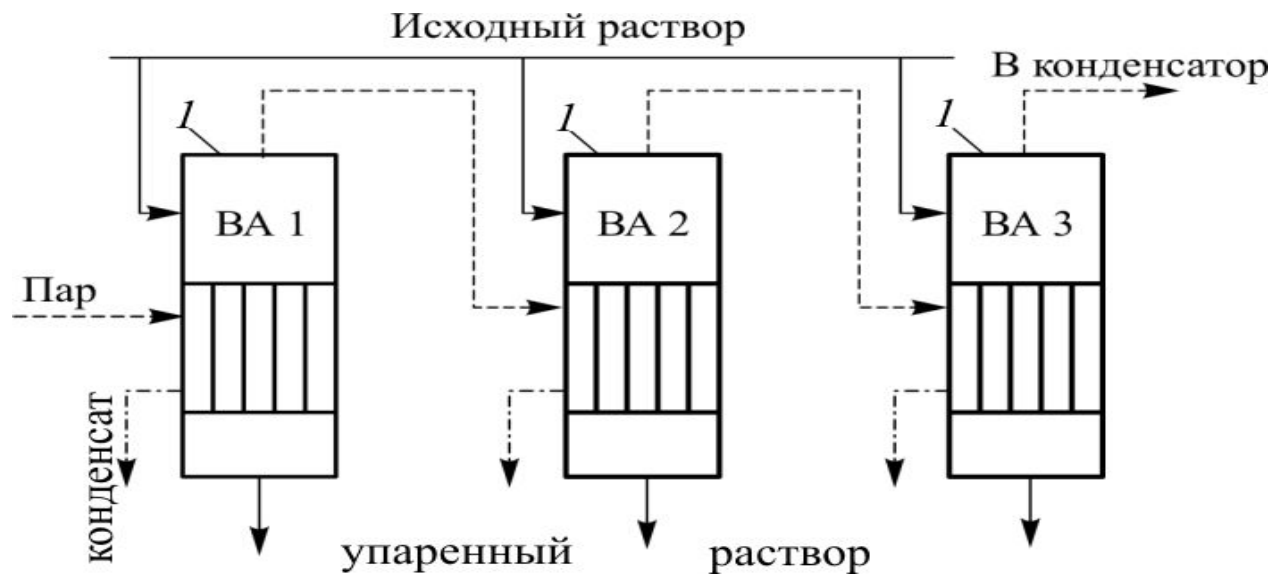


Рисунок 4 – Схема выпарной установки с параллельным питанием корпусов

Преимущества и недостатки

- Нет перетока кристаллизующегося раствора или суспензии из корпуса в корпус. В результате предотвращается закупоривание трубопроводов и регулирующей арматуры солевыми отложениями или пробками.
- Сложность регулирования процесса (необходимо регулировать процесс в каждом корпусе) и потери теплоты с уходящим раствором.

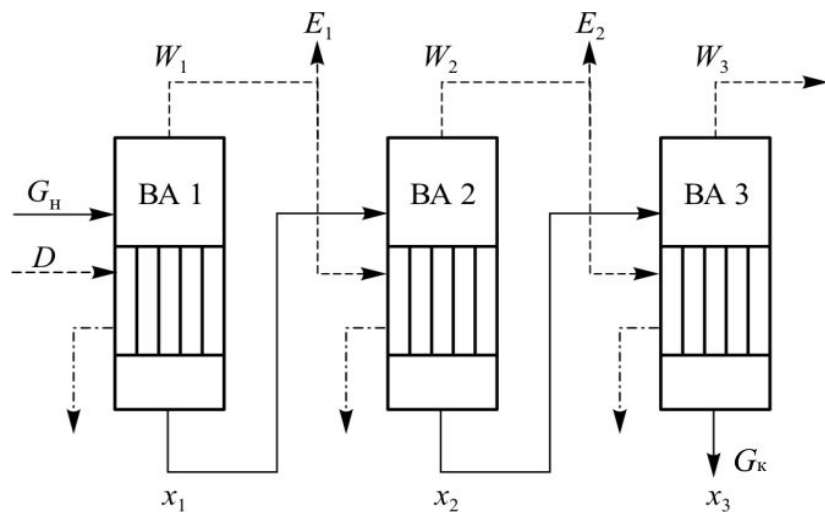
материальный баланс многокорпусной выпарной установки

Материальный баланс многокорпусной выпарной установки составляют на основе материального баланса одного выпарного аппарата. Уравнения для расчета концентрации раствора на выходе из каждого корпуса имеют вид

$$\begin{aligned}b_1 &= \frac{b_H G_H}{G_H - W_1}; \\b_2 &= \frac{b_H G_H}{G_H - W_1 - W_2}; \\b_3 &= \frac{b_H G_H}{G_H - W_1 - W_2 - W_3}; \\&\dots \dots \dots \dots \dots \\b_n = b_k &= \frac{b_H G_H}{G_H - W_1 - W_2 - \dots - W_n},\end{aligned}$$

где b – концентрация раствора, масс. доли; G – расход раствора, кг/с; W – производительность по выпаренной воде; индексы 1, 2, 3, ..., n соответствуют порядковому номеру корпуса установки.

Тепловой баланс многокорпусной выпарной установки



Уравнения тепловых балансов корпусов имеют следующий вид:
для первого корпуса:

$$Q_{\text{н.п.}} = D r_{\text{н.п.}} = W_1 (H_{\text{н.п.}} - c_p) (t_{\text{в.п.1}} - t_{\text{к.п.1}}) \pm Q_{\text{конц.1}} \pm \text{пот.1}$$

для второго корпуса:

$$Q_{\text{в.п.1}} (W_{\text{в.п.1}} - E_1) (W_{\text{н.п.}} - c_p) (t_{\text{п.1}} - t_{\text{к.п.2}}) = (Q_{\text{к.п.2}} - Q_{\text{конц.2}}) \pm \text{пот.2}$$

для третьего корпуса:

$$Q_{\text{в.п.2}} (W_{\text{в.п.2}} - E_2) (W_{\text{н.п.}} - c_p) (t_{\text{п.2}} - t_{\text{к.п.3}}) = (Q_{\text{к.п.3}} - Q_{\text{конц.3}}) \pm \text{пот.3}$$

для n -го корпуса

$$Q_n = (W_{\text{в.п.}(n-1)} - E_{n-1}) (W_{\text{н.п.}} - c_p) (t_{\text{п.}(n-1)} - t_{\text{к.п.}(n)}) = \left(Q_{\text{к.п.}(n)} - Q_{\text{конц.}(n)} \right) \pm \text{пот.}(n),$$

где Q — тепловая нагрузка, Вт; D — расход греющего пара, кг/с; r — теплота конденсации греющего пара, Дж/кг; W — производительность по исходному раствору, кг/с; E — производительность по выпаренной воде, кг/с; c_p — отбор экстрапара, кг/с; $t_{\text{в.п.}}$ — энтальпия вторичного пара, Дж/кг; $t_{\text{п.}}$ — температура исходного раствора, °C; $t_{\text{к.п.}}$ — температура кипения раствора, °C; $t_{\text{к.п.}}$ — температура вторичного пара, °C; c_p — удельная теплоемкость воды и раствора соответственно, Дж/(кг·K); $Q_{\text{конц.}}$ — теплота концентрирования раствора, Вт; пот. — потери теплоты в окружающее пространство, Вт; индексы 1, 2, 3, ... , — номер корпуса выпарной установки.

Общая полезная разность температур выпарной установки

- Общая разность температур выпарной установки равна разности между температурой греющего пара в первом корпусе и температурой вторичного пара, выходящего из последнего корпуса выпарной установки:

- В каждом аппарате $\Delta t_{\text{общ}} = t_{\text{гп}} - t_{\text{вп}(n)}$ многокорпусной выпарной установки, а также в паропроводах, имеют место температурные потери (депрессии), поэтому общая полезная разность температур выпарной установки будет меньше общей разности на величину температурных потерь во всех корпусах установки :

$$\sum \Delta t_{\text{пол}} = \Delta t_{\text{общ}} - \sum \Delta = t_{\text{гп}} - t_{\text{вп}(n)} - \sum \Delta$$