

# 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

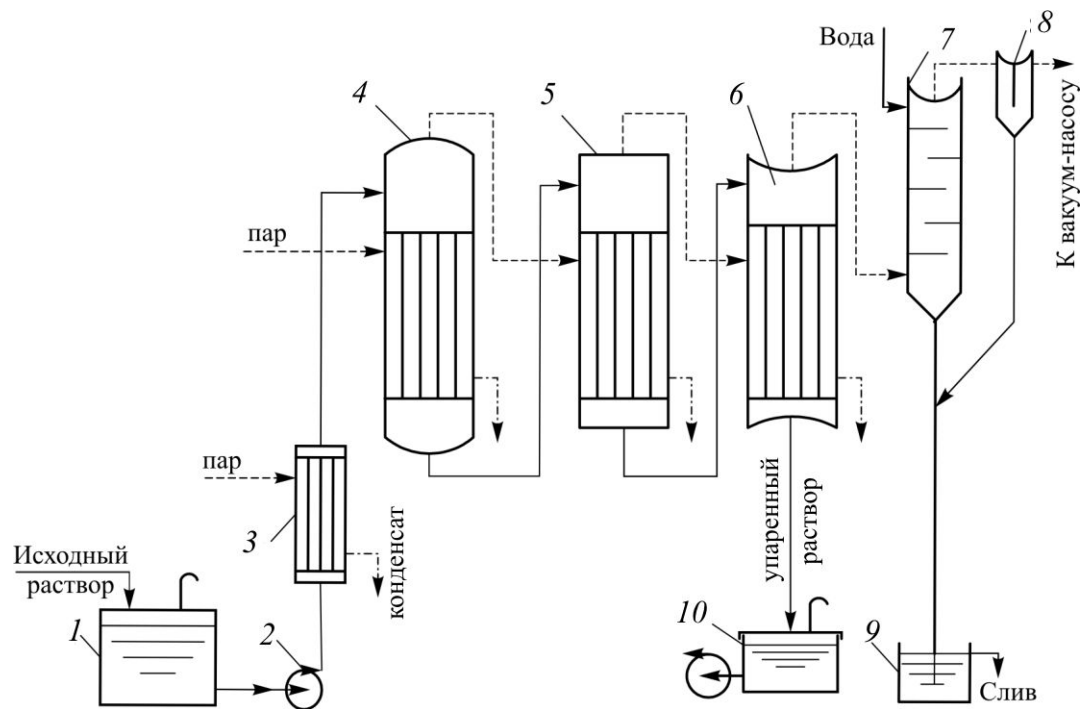


Рисунок 1 – Принципиальная схема многокорпусной прямоточной выпарной установки:  
1 – емкость исходного раствора; 2 – насос 3 – подогреватель исходного раствора;  
4, 5, 6 – корпуса выпарной установки; 7 – барометрический конденсатор смешения;  
8 – ловушка; 9 – бак-гидрозатвор; 10 – емкость упаренного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

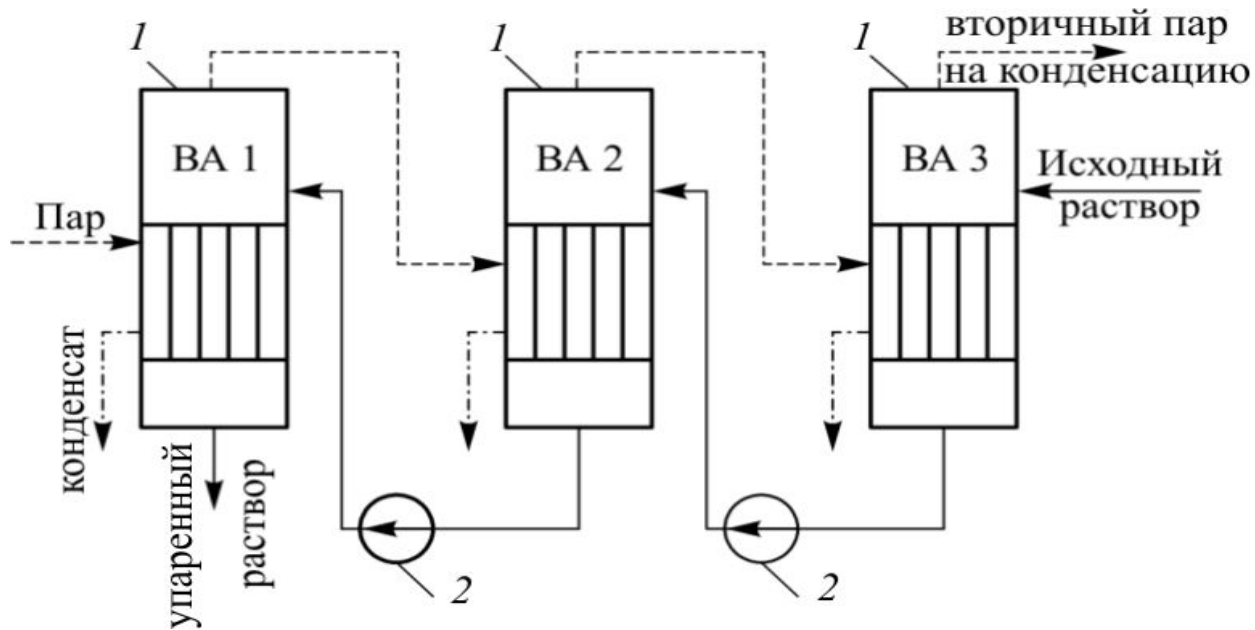


Рисунок 2 – Принципиальная схема противоточной выпарной установки:  
1 – корпуса; 2 – насосы

# 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

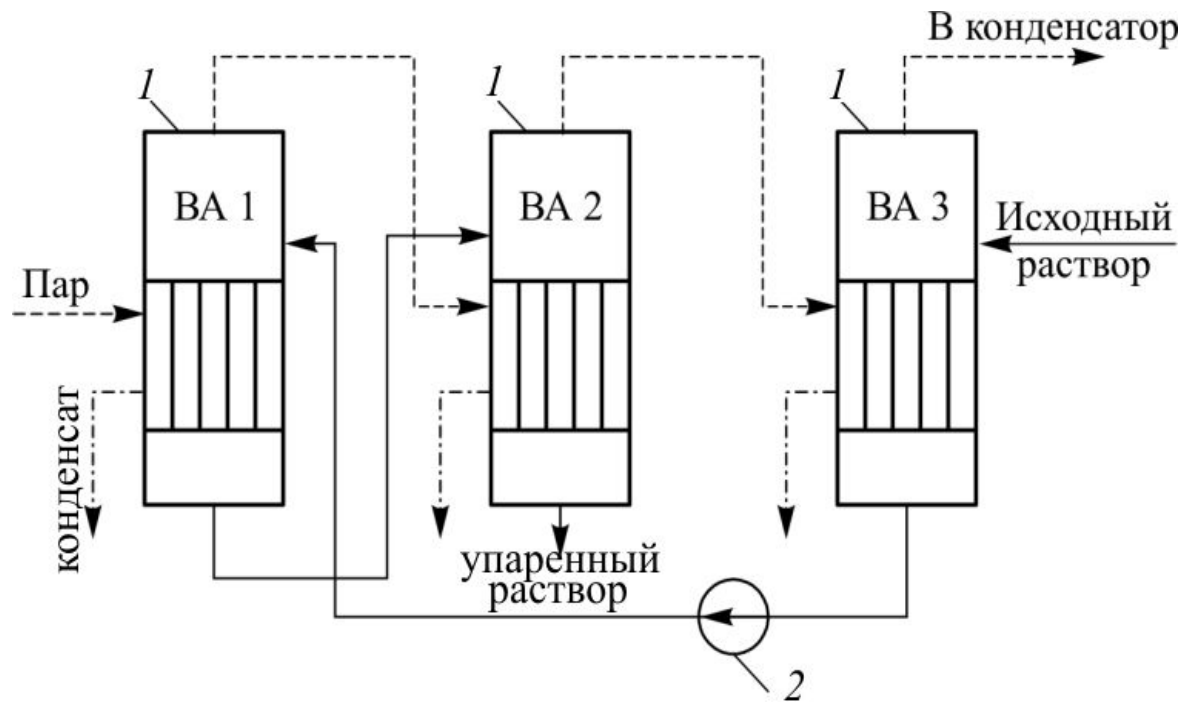


Рисунок 3 – Схема выпарной установки смешанного тока:  
1 – корпуса, 2 – насос

# Преимущества и недостатки

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



# Установка с параллельным питанием корпусов

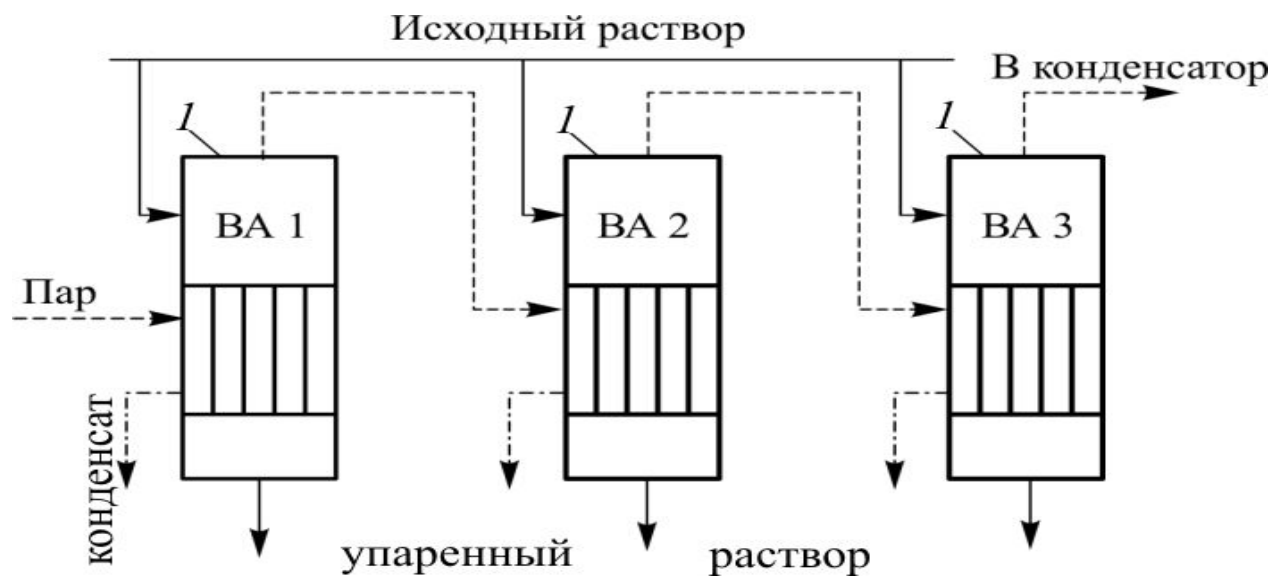


Рисунок 4 – Схема выпарной установки с параллельным питанием корпусов

# 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

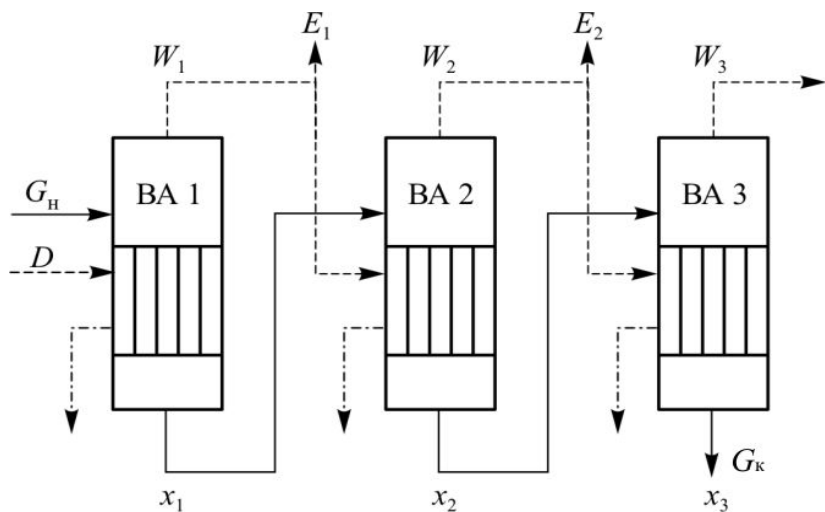
$$b_1 = \frac{b_H G_H}{G_H - W_1};$$
$$b_2 = \frac{b_H G_H}{G_H - W_1 - W_2};$$
$$b_3 = \frac{b_H G_H}{G_H - W_1 - W_2 - W_3};$$

... ..

$$b_n = b_k = \frac{b_H G_H}{G_H - W_1 - W_2 - \dots - W_n},$$

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:

$$Q_{н.г.} \neq D r t_{н.г.} = W_1 H_{н.г.} - \varphi_1 t_{вп1} (Q_{в1 к1} - Q_{конц1}) \pm \text{пот}^1$$

для второго корпуса:

$$Q_{в.п1} (W_{в.п1} E_1) (W_{н.г.} - t_1) = (Q_{к2} - Q_{конц2}) + W_2 t_2 (H_{в.п2} - Q_{конц2}) \pm \text{пот}^2$$

для третьего корпуса:

$$Q_{в.п2} (W_{в.п2} E_2) (W_{н.г.} - t_2) = (Q_{к3} - Q_{конц3}) + W_3 t_3 (H_{в.п3} - Q_{конц3}) \pm \text{пот}^3$$

для  $n$ -го корпуса

$$Q_n = (W_{н.г.} E_{n-1} - G(H_{н.г.} - W_{н.г.} c_{н.г.})) = \left( \rho \sum_{i=1}^{n-1} i \right) \times \\ \times (t_{к(n)} - t_{к(n-1)}) + W_{н.г.} (H_{в.п(n-1)} - t_{в.п(n-1)}) \pm \text{конц}(n) + \text{пот}(n),$$

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;  $\varphi$  – отбор экстрапара, кг/с;  $t$  – энтальпия вторичного пара, Дж/кг;  $t_{н.г.}$  – температура исходного раствора, °С;  $t_{вп1}$  – температура кипения раствора, °С;  $t_{в.п2}$  – температура вторичного пара, °С;  $c$  – удельная теплоемкость воды и раствора соответственно, Дж/(кг·К);  $Q_{к}$  – теплота концентрирования раствора, Вт;  $\text{пот}$  – 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 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 :

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