

Александр Алексеев

Модернизация выпарной установки нитратных растворов

Выпускная работа

Руководитель: А.Згуро, лектор

Цель выпускной работы

- Предложить вариант выпарной установки для выпаривания растворов нитрата аммония с минимальными затратами

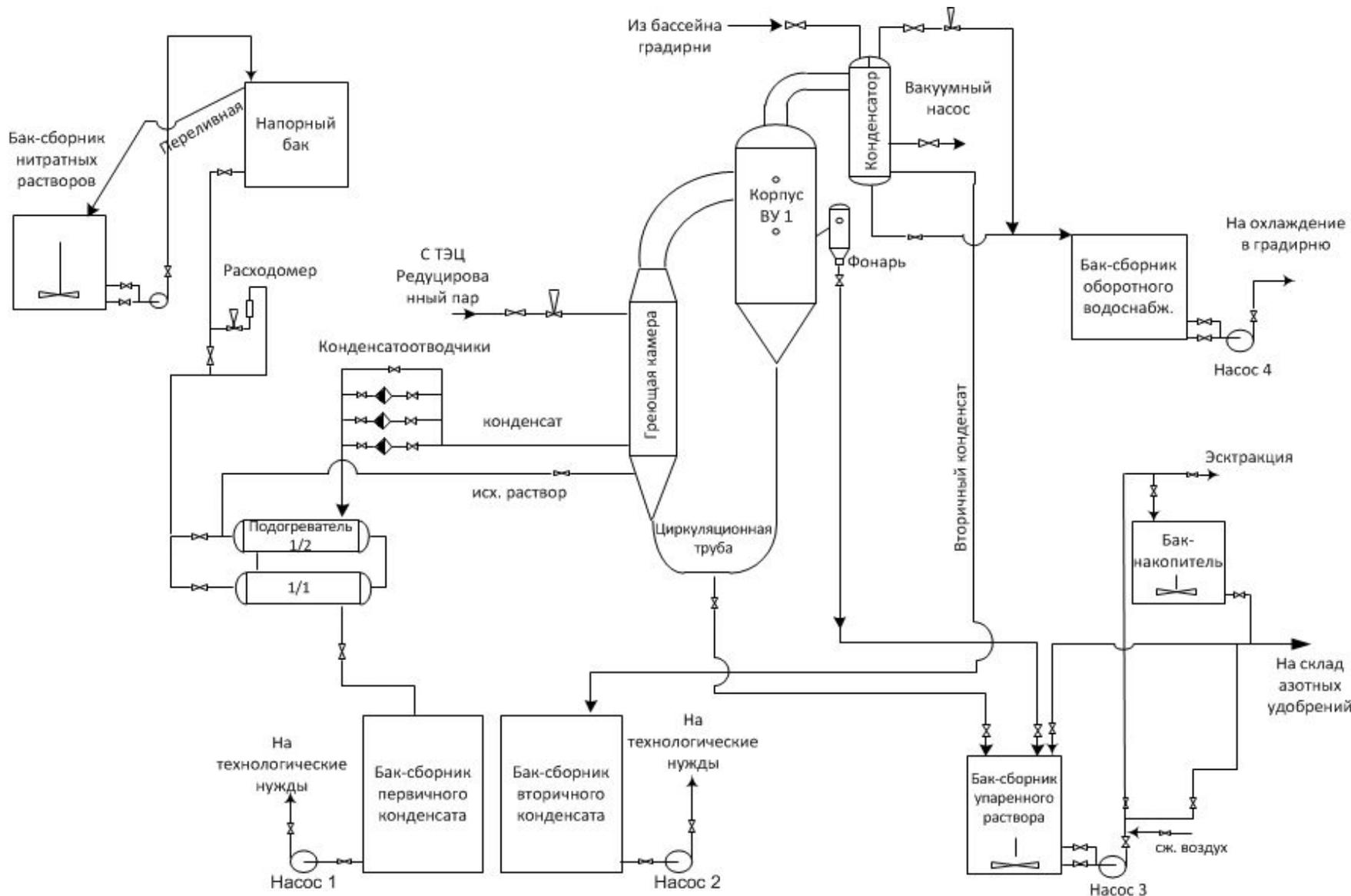
Задачи

- На основании обзора литературы предложить вариант модернизации
- Выполнить технологические расчеты
- Подобрать аппарат
- Выполнить экономический анализ

Актуальность

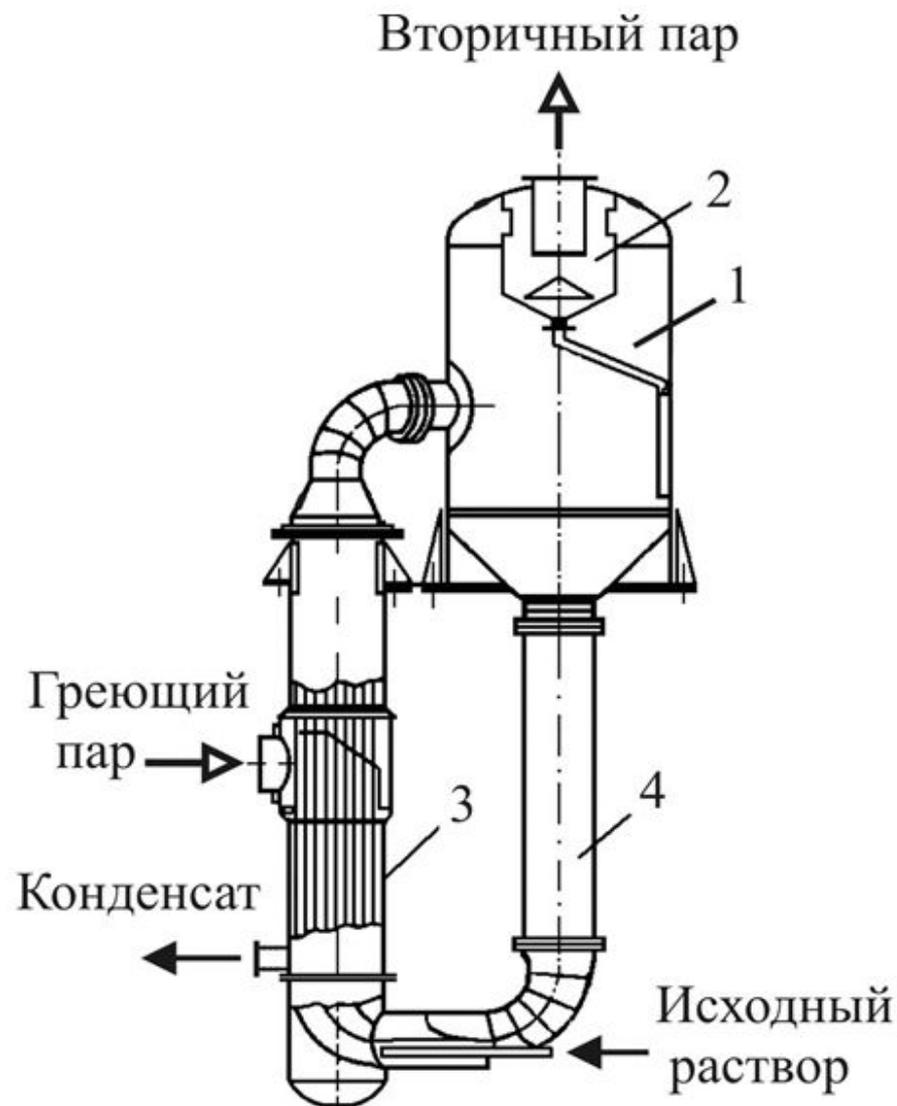
- Актуальность выпускной работы обусловлена тем, что экономия ресурсов и повышение КПД оборудования – одна из наиболее важных задач предприятия

Технологическая схема существующей выпарной установки

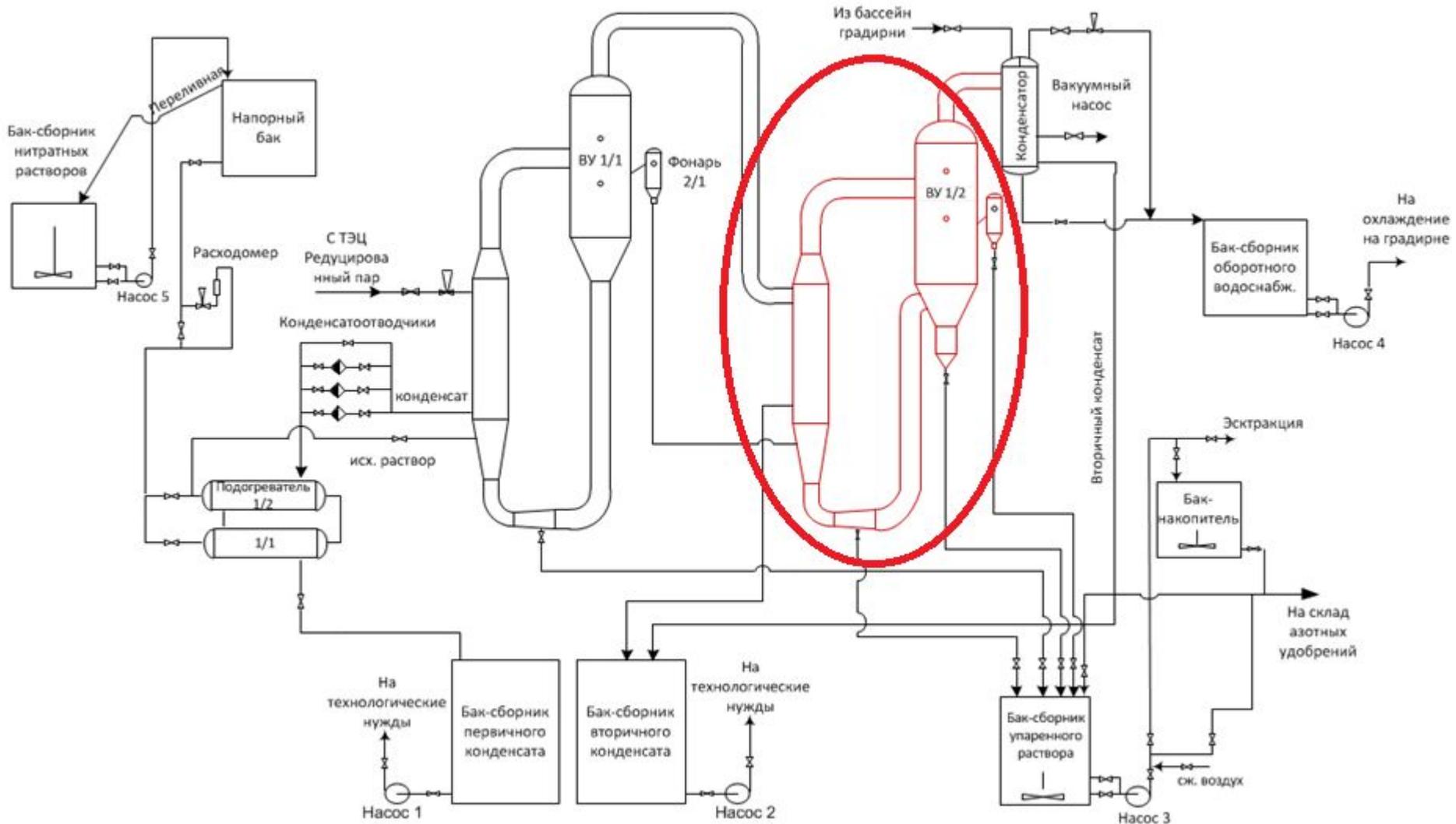


Недостатки однокорпусного ВА

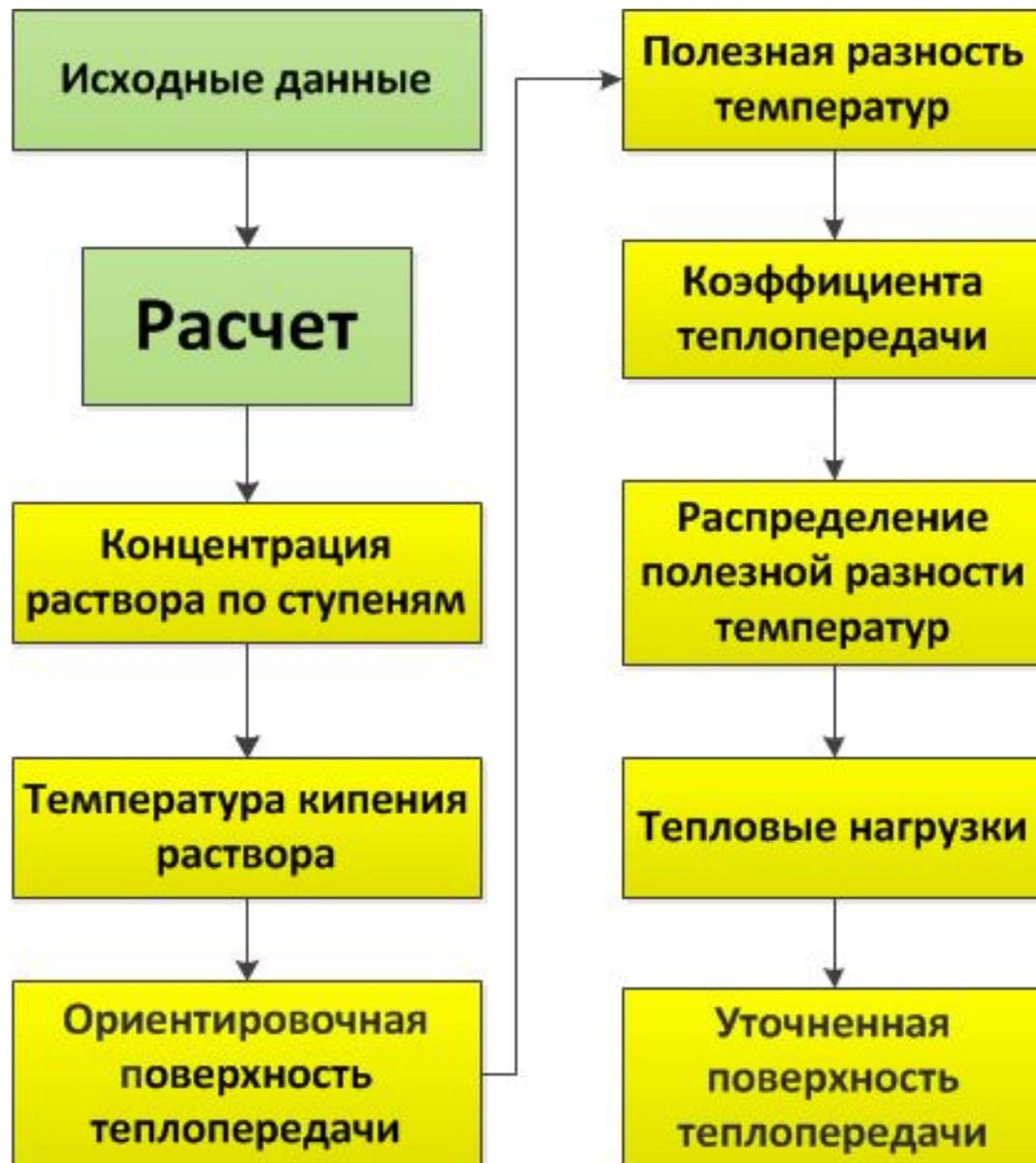
- Недостаточность площади теплообмена (50м^2)
- Высокий расход пара (1:1)



Модернизированная схема выпарной установки



Блок схема расчетов



Методики для расчётов

- К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. стр. 251-256
- Хантургаев А.Г. и др. Методическое пособие по расчёту трёхкорпусной выпарной установки по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств», «Процессы и аппараты химических технологий». 2006. 29 стр.

Исходные данные

Наименование	Значение
Начальная концентрация раствора NH_4NO_3 , % масс.	8,4
Конечная концентрация раствора NH_4NO_3 , % масс.	58,5
Расход раствора NH_4NO_3 , т/ч	7
Давление свежего пара, МПа	0,20387
Средняя цена за кВт·ч, евро-центы	5,5

Концентрации раствора по ступеням

- Массовый расход исходного раствора

$$G_H = 7 \text{ т/ч} = 1,944 \text{ кг/с}$$

- Массовый расход испаряемого растворителя

$$W = 1,944 \cdot (1 - 8,4/58,5) = 1,665 \text{ кг/с}$$

- Концентрации растворов в корпусах

$$x_1 = G_H \cdot x_H / (G_H - w_1) = 1,944 \cdot 0,084 / (1,944 - 0,793) = 0,142 \text{ (14\%)}$$

$$x_2 = G_H \cdot x_H / (G_H - w_1 - w_2) =$$

$$= 1,944 \cdot 0,084 / (1,944 - 0,793 - 0,872) = 0,5845 \text{ (58,5\%)}$$

Ориентировочная поверхность теплопередачи

- Количество выпариваемой воды:

$$w_1 = 1,0W / (1,0 + 1,1) = 1,665 / 2,1 = 0,793 \text{ кг/с}$$

$$w_2 = 1,1W / (1,0 + 1,1) = 1,832 / 2,1 = 0,872 \text{ кг/с}$$

- Теплота парообразования вторичного пара

$$r_1 = 2230 \text{ кДж/кг.}$$

- Поверхность теплопередачи ориентировочно равна

$$F_{\text{ор}} = Q/q = w_1 \cdot r_1 / q$$

$$= 0,793 \cdot 2230 \cdot 10^3 / 40000 = 44,21 \text{ м}^2$$

Определение тепловых нагрузок

Параметр	Корпус	
	1	2
Количество выпариваемой воды, w кг/с	0,793	0,872
Концентрация растворов x , %	14	58,5
Давление греющего пара P_r , МПа	0,20265	0,1563
Температура греющих паров t_r °С	119	101
Температурные потери $\Sigma \Delta$, °С	3,12	27,99
Температура кипения раствора t_k °С	104,12	75,41
Полезная разность температур Δt_n °С	14,88	25,59

Поверхность теплопередачи выпарного аппарата

- Тепловые нагрузки по корпусам

$$Q_1 = 1,03 \cdot [G_H \cdot C_H \cdot (t_{k1} - t_H) + w_1 \cdot (H_{вп1} - C_B \cdot t_{k1}) + Q_{конц1}];$$

$$Q_2 = 1,03 \cdot [(G_H - w_1) \cdot C_1 \cdot (t_{k2} - t_{k1}) + w_2 \cdot (I_{вп2} - C_B \cdot t_{k2}) + Q_{конц2}]$$

$$Q_1 = 1853 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 1969 \text{ кВт}$$

- Уточнённый расчет поверхности теплопередачи

$$F = 1853 \cdot 10^3 / 1169 \cdot 19,77 = 80 \text{ м}^2$$

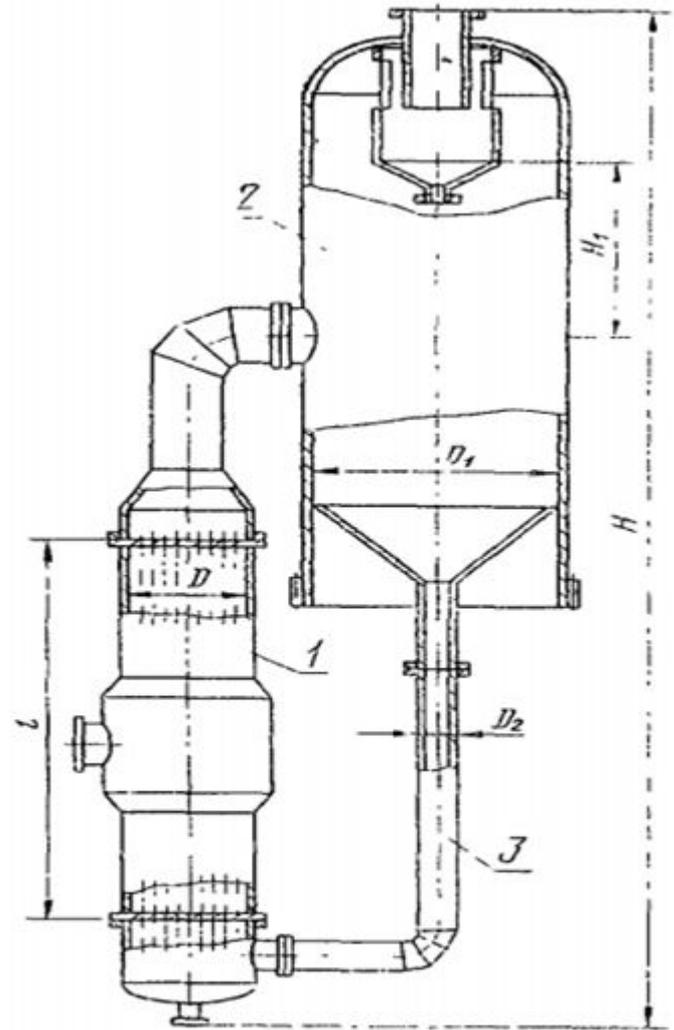
- К установке предложено два подобных аппарата с поверхностью 40 м² каждый

Характеристики выбранного аппарата

Номинальная поверхность теплообмена, м ²	40
Диаметр труб (наружный), мм	38
Высота труб, мм	4000
Диаметр греющей камеры, мм	600
Диаметр сепаратора, мм	1200
Диаметр циркуляционной трубы, мм	400
Общая высота аппарата, мм	12500
Масса аппарата, кг	4700

Предлагаемый выпарной аппарат

- Выпарной аппарат-прямоточный
- Естественная циркуляция
- Вынесенная греющая камера
- Кипение раствора в трубках



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

Сравнение

Показатель	Однокорпусной ВА	Двухкорпусной ВА
Поверхность теплообмена, м ²	50	80
Расход пара, кг/с	1,8315	0,9158
Затраты на закупку пара евро/месяц	199 384	99 698

- Площадь поверхности теплообмена двухкорпусного выпарного аппарата больше на 37,5 %
- Расход первичного пара в двухкорпусной установке меньше в 2 раза
- Экономия за месяц составит 99 688 евро

Спасибо за внимание!

Вопрос рецензента

- Почему не произведён уточнённый расчёт установки с учётом потерь тепла в окружающую среду?

Каменная вата

Изделие	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/м°С	Предельные температуры, °С	Горючесть
Маты	50...85	0,046	+700	НГ
Легкие плиты	30...40	0,036	+400	НГ
Мягкие плиты	50...75	0,036	+400	НГ
Полужесткие плиты	75...125	0,0326	+400	НГ
Жесткие плиты	175...225	0,043	+100	Г1
Цилиндры	200	0,046	+400	НГ
Рыхлая вата	30	0,050	+600	НГ

- Гигроскопичность – средняя