

УДК 66.048.54

Фокин В.С., Данилов Д.Ю*., Шульгин Ю.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОЙ ГРЕЮЩЕЙ КАМЕРЫ С КИПЕНИЕМ В КАНАЛАХ

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
Открытое акционерное общество «УкрНИИХиммаш»

Состояние вопроса и постановка задачи. Одним из процессов, определяющих качественные и технико-экономические показатели многих производств, является процесс кипения жидкостей, осуществляемый в различных конструкциях выпарных аппаратов (трубчатые, листовые и т.д.).

Наиболее оптимальной конструкцией таких аппаратов, особенно для малотоннажных производств, являются выпарные аппараты с ширококанальной разборной греющей камерой.

Отличительной чертой этих аппаратов является выполнение греющих поверхностей из листа различного профиля.

Эти аппараты имеют следующие преимущества:

- 1) высокий коэффициент теплопередачи;
- 2) малый внутренний объем аппарата и высокая компактность;
- 3) малая высота аппарата при большом значении F/G , что обеспечивает уменьшение времени контакта жидкости с греющей поверхностью;
- 4) легкость изменения величины греющей поверхности в зависимости от заданной производительности путем уменьшения или увеличения числа пластин;
- 5) доступность поверхности нагрева для чистки от накипи;
- 6) компактность аппарата, что позволяет устанавливать его в одноэтажном помещении;
- 7) низкая себестоимость изготовления;
- 8) универсальность конструкции (все узлы выпарного аппарата одинаковы для любой производительности).

Простота разборки греющей камеры, изготовленной из пластины, позволяет применять этот тип выпарного аппарата для выпаривания растворов, образующих при кипении накипь на поверхности теплообмена.

Минимальное время контакта между горячей стенкой и теплоносителем позволяет выпаривать такие растворы, которые по своим физико-химическим свойствам чувствительны к длительному воздействию температуры.

Применение разборных пластинчатых греющих камер позволяет создать аппараты, в процессе работы которых возможно переключать каналы, что позволяет производить промывку поверхности нагрева без остановки выпарного аппарата.

Применение пластинчатых греющих камер позволяет интенсифицировать процесс теплообмена и достичь высоких коэффициентов теплопередачи.

Так как при кипении жидкостей турбулизация потока в канале создается за счет образующихся и отрывающихся от поверхности нагрева паровых пузырей, то пластины греющей камеры выпарного аппарата могут быть плоскими или с горизонтальными гофрами.

Для снижения гидравлического сопротивления каналов греющей камеры ширина их должна быть в пределах 8–10 мм.

Технология изготовления пластинчатых греющих камер базируется на штамповке, что позволяет избежать такой трудоемкой операции, как развальцовка труб и создает предпосылки к сокращению расхода металла на 20 % греющей поверхности.

Пластинчатые греющие камеры могут найти применение в выпарных аппаратах как с кипением раствора в каналах, образованных пластинами, так и в аппаратах с вынесенной из пределов греющей поверхности зоной кипения.

Несмотря на то, что разборные пластинчатые греющие камеры имеют ряд преимуществ перед трубчатыми, и находят применение за рубежом, в отечественной промышленности они не производятся и не эксплуатируются.

Объясняется это тем, что они недостаточно изучены, отсутствуют методы их расчета и конструирования.

Пластинчатые греющие камеры по характеру движения раствора в канале бывают со стекающей пленкой и кипением раствора в каналах.

Греющие камеры со стекающей пленкой были ранее исследованы [2].

В данной работе рассмотрены результаты исследования греющих камер с кипением растворов в каналах.

Целью экспериментальной работы являлось определение условий работы выпарного аппарата с разборной пластинчатой камерой и конструктивное оформление его узлов. При этом задачами исследования являлось:

1. Определение зависимости производительности выпарного аппарата с пластинчатой греющей камерой от полезной разности температур, режима кипения воды, конструкции пластин.

2. Определение условий работы выпарного аппарата с разборной пластинчатой греющей камерой.

3. Конструктивная отработка узлов выпарного аппарата.

Для решения поставленных задач предусматривался следующий порядок и объем работ:

1) Изготовление модели выпарного аппарата с разборной пластинчатой греющей камерой из плоских пластин с выступами для жесткости с увеличенной толщиной канала 8–10 мм.

2) Монтаж установки и оснащение ее контрольно-измерительными приборами.

3) Изучение процесса упаривания растворов в выпарном аппарате с разборной пластинчатой греющей камерой при кипении раствора в каналах.

Описание экспериментальной установки

Решение поставленных задач осуществлялось на опытной установке, изготовленной и смонтированной на лабораторном стенде УкрНИИХиммаша (рисунок 1).

Объектом исследования в данной экспериментальной работе был выпарной аппарат, который состоял из вертикальной пластинчатой греющей камеры 1, сепаратора 2, циркуляционной трубы 3 и насоса 4 (рисунок 2).

Греющая камера представляла собой ширококанальный теплообменник, поверхность теплообмена которого – это набор пластин, образующих отдельные каналы для греющего пара и кипящего раствора (рисунок 2).

Пластина – это плоский лист с выступами жесткости, канавками для размещения уплотнений как по периферии пластины, так и вокруг отверстий для обеспечения отдельного движения пара и раствора (рисунок 3).

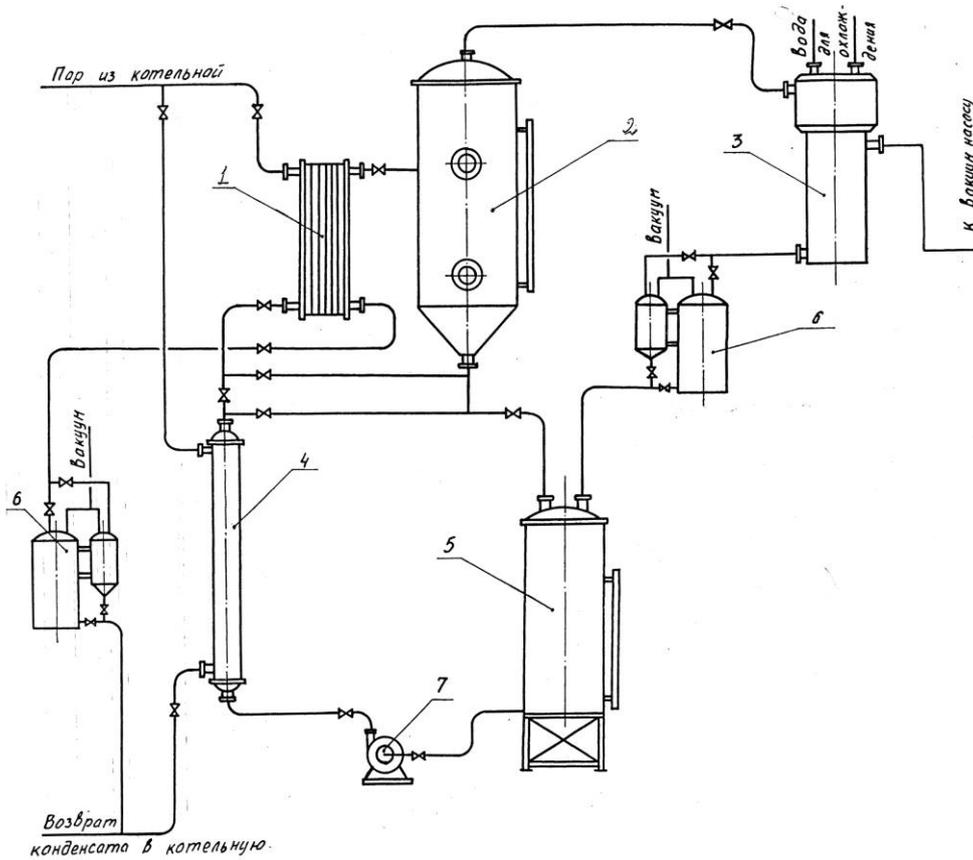


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

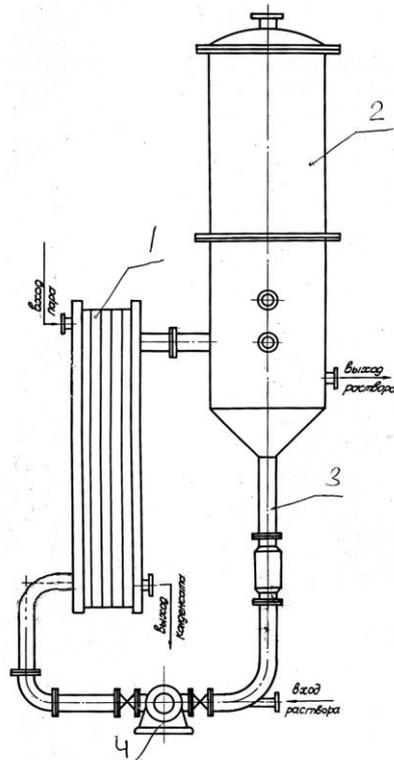


Рисунок 2 – Выпарной аппарат с кипением раствора в каналах:
 1 – греющая камера; 2 – сепаратор; 3 – обратная циркуляционная труба; 4 – циркуляционный насос

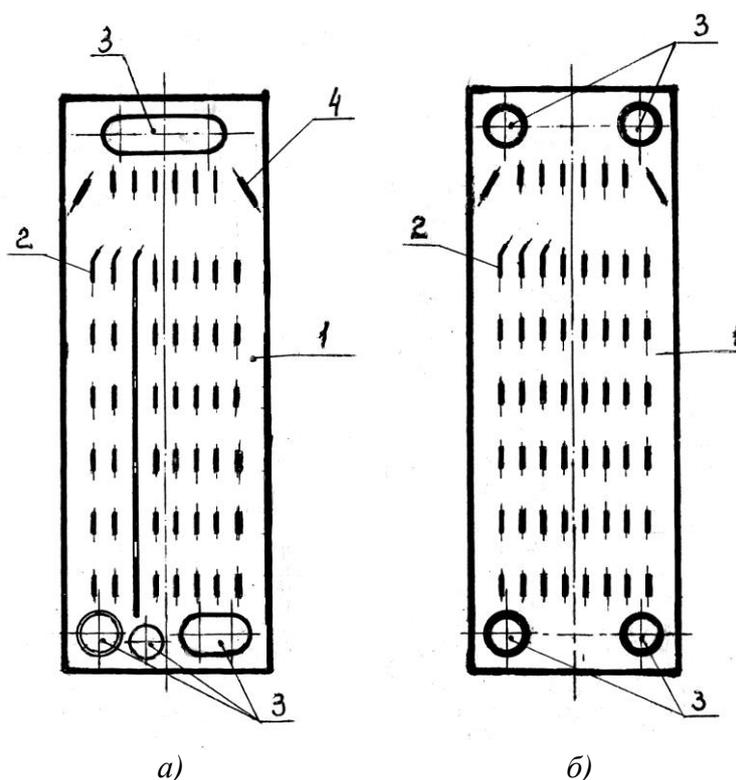


Рисунок 3 – Плоская пластина с выступами для жёсткости:

- а) пластина со стекающей пленкой;
 б) пластина с кипением раствора в каналах, где
 1 – плоская часть пластины; 2 – выступ жесткости; 3 – технологические отверстия;
 4 – направляющие выступы жесткости

Размеры канала, мм

- толщина канала – $8 \div 10$ мм;
- эквивалентный диаметр – $d_{эк} = 0,0196$ м;
- приведенная длина – $L_{пр} = 1,020$ м.

Для решения поставленных задач замерялись следующие параметры:

- а) давление греющего и вторичного пара – образцовыми пружинными манометрами класса точности 0,5 с ценой деления $0,01$ кг/см²;
- б) температура поступающего раствора и раствора в сепараторе – ртутным термометром с ценой деления $0,5$ °С;
- в) расход поступающего раствора, количество выпаренной воды – по изменению уровня в предварительно протарированных сборниках.

Погрешность измерения составляла $\pm 0,5\%$.

Уровень раствора в сепараторе выпарного аппарата контролировался визуально по смотровому стеклу.

Методика измерений. При проведении экспериментальной работы через каждые 30 мин проводились замеры параметров, характеризующих работу выпарного аппарата.

Для проведения замеров экспериментальная установка была оснащена необходимыми КИП.

Уровень раствора в аппарате, давление греющего и вторичного пара регулировались вручную при помощи запорной арматуры, расположенной на соответствующих трубопроводах.

Замеры определяющих параметров работы опытной установки проводились при установившемся режиме (при отсутствии пульсаций, скачков давления греющего пара и в сепараторе и при постоянном уровне давления в нем).

Для получения более точных данных в одних и тех же условиях проводились замеры не менее 4 раз, причем во всех случаях результаты замеров должны были совпадать. В противном случае опыт повторялся. Замеры исследуемых параметров начинались в строго заданное время и продолжались в течение 1 минуты.

Выбор режимных показателей.

Исследование работы выпарного аппарата с пластинчатой греющей камерой осуществлялось на 4 режимах. Режимы работы аппарата принимались согласно режиму эксплуатируемых выпарных станций в промышленности и данным зарубежных фирм.

Первый режим

Вторичный пар:

- давление, МПа – $P_{ВП} = 0,0361$;
- температура, °С – $t_{ВП} = 72$.

Греющий пар:

- давление, МПа – $P_{ГП} = 0,0483$; $P_{ГП} = 0,059$; $P_{ГП} = 0,0765$;
- температура, °С – $t_{ГП} = 80$; $t_{ВП} = 85$; $t_{ВП} = 90$;
- полезная разность температур – $\Delta t_n = 8$; $\Delta t_n = 13$; $\Delta t_n = 18$.

Второй режим

Вторичный пар:

- давление, МПа – $P_{ВП} = 0,066$;
- температура, °С – $t_{ВП} = 88$.

Греющий пар:

- давление, МПа – $P_{ГП} = 0,103$; $P_{ГП} = 0,123$; $P_{ГП} = 0,146$;
- температура, °С – $t_{ГП} = 100$; $t_{ВП} = 105$; $t_{ВП} = 110$;
- полезная разность температур – $\Delta t_n = 12$; $\Delta t_n = 17$; $\Delta t_n = 22$.

Третий режим

Вторичный пар:

- давление, МПа – $P_{ВП} = 0,119$;
- температура, °С – $t_{ВП} = 104$.

Греющий пар:

- давление, МПа – $P_{ГП} = 0,146$; $P_{ГП} = 0,172$; $P_{ГП} = 0,202$;

- температура, °C – $t_{ГП} = 110$; $t_{ВП} = 115$; $t_{ВП} = 120$;
- полезная разность температур – $\Delta t_n = 6$; $\Delta t_n = 11$; $\Delta t_n = 16$.

Четвертый режим

Вторичный пар:

- давление, МПа – $P_{ВП} = 0,156$;
- температура, °C – $t_{ВП} = 112$.

Греющий пар:

- давление, МПа – $P_{ГП} = 0,202$; $P_{ГП} = 0,259$; $P_{ГП} = 0,293$;
- температура, °C – $t_{ГП} = 120$; $t_{ВП} = 128$; $t_{ВП} = 132$;
- полезная разность температур – $\Delta t_n = 8$; $\Delta t_n = 16$; $\Delta t_n = 20$.

Выбранные тепловые режимы проведения экспериментальной работы полностью охватывали рабочий диапазон тепловых нагрузок промышленных выпарных аппаратов и позволяли решить поставленные задачи.

Параметр выпаривания определялся по предложенной зависимости вида:

$$\Theta_{\text{тер}} = \frac{\rho_{\text{п}} \cdot r_{\text{п}}}{\rho_{\text{р}} \cdot C_{\text{р}}}, \text{ град,}$$

где $\rho_{\text{п}}$ – плотность пара, кг/м³; $r_{\text{п}}$ – удельная теплота парообразования, Дж/кг; $\rho_{\text{р}}$ – плотность выпариваемого раствора, кг/м³; $C_{\text{р}}$ – удельная теплоёмкость выпариваемого раствора, Дж/кг·град.

Замеренные и обработанные параметры работы выпарного аппарата сведены в таблицу 1.

Значение величин, приведенных в таблице, принималось как среднеквадратичная величина измеренных параметров:

$$\bar{X}_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{n}},$$

где X_i – измеренная при проведении опытов величина; n – число измерений X_i величины.

Выводы

В статье приведены результаты исследования работы ширококанальных пластинчатых греющих камер с кипением раствора в каналах. Показано влияние параметра выпаривания $\Theta_{\text{тер}}$ отношения площадей сечения обратной циркуляционной трубы и каналов, в которых протекает процесс кипения на интенсивность теплопереноса. Отмечено, что ширококанальные греющие камеры при соблюдении рекомендованных соотношений контура циркуляции имеют более высокие значения коэффициента теплоотдачи чем трубчатые.

Литература

1. Фокин В.С., Кошельник В.М., Зберез Л.И. К постановке и решению задачи переноса тепла при движении кипящих теплоносителей в целевых каналах. Коммунальное хозяйство городов. Выпуск 33. – К.: Техника, 2001. – 173 с.

2. Нечипоренко Д.И., Данилов Д.Ю., Фокин В.С. Исследование работы выпарного аппарата с разборной ширококанальной пластинчатой греющей камерой. – Х.: Вестник НТУ «ХПИ», 12, 2004.

УДК 66.048.54

Фокін В.С., Данілов Д.Ю., Шульгін Ю.В.

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПЛАСТИНЧАТОЇ ГРІЮЧОЇ КАМЕРИ
З КИПІННЯМ У КАНАЛАХ**

Наведені результати дослідження роботи ширококанальних пластинчастих гріючих камер з кипінням розчину в каналах. Показано вплив параметра випаровування $\vartheta_{\text{тер}}$ відношення площ перетину зворотної циркуляційної труби і каналів, у яких протікає процес кипіння на інтенсивність теплопереносу. Відзначено, що ширококанальні гріючі камери при дотриманні рекомендованих співвідношень контуру циркуляції мають вищі значення коефіцієнта тепловіддачі, ніж трубчасті.

Fokin V.S., Danilov D.Y., Shulgin Y.V.

**RESEARCH OF WORK OF LAMELLAR WARMING CAMERA WITH BOILING
IN CHANNELS**

The results of research of work of channels broad plates warming camers with boiling of solution in channels are resulted in the article. Influencing of parameter of evaporation of $\vartheta_{\text{тер}}$ of relation of areas of section of reverse circulation pipe and channels is shown a boiling process on intensity of carry heat flows in which. It is marked that channels broad warming camers at the observance of the recommended correlations of contour of circulation have more high values of coefficient of heat emission than tubular.