

Фокин В.С., Данилов Д.Ю., Нечипоренко Д.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КИПЕНИЯ РАСТВОРА В ЩЕЛЕВЫХ КАНАЛАХ ГРЕЮЩЕЙ КАМЕРЫ ВЫПАРНОГО АППАРАТА

Как известно, выпарные аппараты (ВА) с кипением раствора в каналах относятся к аппаратам с многократным движением раствора по циркуляционному контуру. Для интенсификации процессов выпаривания необходимо четко знать, какие процессы количественно и качественно влияют на интенсивность парообразования в щелевых каналах греющей камеры выпарного аппарата.

Интенсивность парообразования в таких аппаратах зависит от полезной разности температур ($\Delta t_{п} = t_{гп} - t_{кип} - \vartheta_{аи}$); параметра упаривания $\left(\vartheta_{оа\delta} = \frac{\rho'' r}{\rho' c_p} \right)$; теплофизиче-

ских свойств раствора и кратности его движения по контуру. Кратность движения раствора по контуру в свою очередь зависит от отношения площади сечения обратной циркуляционной трубы к суммарной площади сечения каналов и рассчитывается по

формуле $n_{\delta} = \frac{f_{\delta.д.}}{\sum_{i=1}^{n_{\delta}} f_{\delta}}$.

Интенсивность парообразования исследовалась на экспериментальной установке изготовленной и смонтированной на лабораторном стенде в УкрНИИХиммаше, которая представлена на рис. 1.

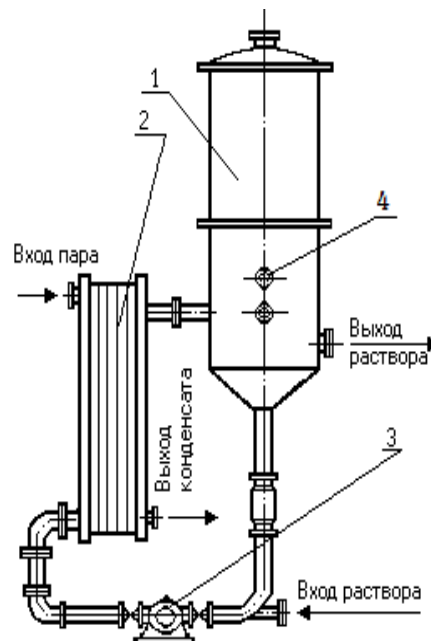


Рисунок 1 – Выпарная установка с греющей камерой с восходящим движением потока раствора в канале
1 – сепаратор; 2 – греющая камера; 3 – насос; 4 – смотровое окно

При проведении исследований изменялись:

- параметр упаривания от $\vartheta_{\text{дод}}=0,0569$ °С до $\vartheta_{\text{дод}}=0,441$ °С;
- полезная разность температур от $\Delta t_{\text{п}}=10$ °С до $\Delta t_{\text{п}}=25$ °С;
- отношения площадей сечения обратной циркуляционной трубы к площади сечения каналов греющей камеры от $n_{\text{ц}}=0,1$ до $n_{\text{ц}}=0,3$;
- тепловая нагрузка от $q=23000$ Вт/м² до $q=74250$ Вт/м².

Полученные и обработанные результаты проведенных экспериментальных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные параметры работы греющей камеры

Температура стенки, °С	Удельная тепловая нагрузка, Вт/м ²	Перепад температур в пленке, °С	Полезная разность температур, °С	Коэффициент теплоотдачи, Вт/м ² К	Коэффициент теплопередачи, Вт/м ² К	Параметр упаривания, °С
$t_{\text{ст}}$	q	$\Delta t_{\text{пл}}$	$\Delta t_{\text{п}}$	α_2	K	$\vartheta_{\text{тер}}$
59,4	22412,0	4,4	10,0	5094,1	2241,2	0,0569
61,5	33614,7	6,5	15,0	5171,5	2241,0	
63,5	46137,8	8,5	20,0	5428,0	2306,9	
84,3	23186,0	4,3	10,0	53921,0	2318,6	0,165
89,0	49190,4	9,0	19,0	5465,6	2589,0	
91,75	57004,5	10,15	20,5	5616,2	2780,2	
104,8	23947,1	4,5	11,0	5321,5	2177,0	0,324
106,7	41374,7	6,7	16,0	6175,3	2586,02	
108,2	52031,8	8,2	19,6	6345,3	2654,7	
114,5	26235,0	3,45	8,6	7604,3	3050,6	0,441
116,3	50057,0	6,3	15,8	7945,5	3168,15	
119,7	74250,0	8,7	21,9	8534,5	3390,4	

Основываясь на данных приведенных в табл. 1 были построены графики зависимости удельной тепловой нагрузки q от полезной разности температур $\Delta t_{\text{п}}$ и коэффициента теплоотдачи α_2 от $\Delta t_{\text{п}}$, которые показаны соответственно на рисунках 2 и 3.

Из рисунка 2 видно, что увеличение полезной разности температур приводит к увеличению тепловой нагрузки. На характер этого увеличения оказывает влияние параметр упаривания.

Так при увеличении полезной разности температур от 10 °С до 20 °С имеем:

при $\vartheta_{\text{дод}}=0,441$ °С; $q_{10}=27000$ Вт/м²; $q_{20}=67000$ Вт/м².

при $\vartheta_{\text{дод}}=0,324$ °С; $q_{10}=25000$ Вт/м²; $q_{20}=57500$ Вт/м².

при $\vartheta_{\text{дод}}=0,165$ °С; $q_{10}=22000$ Вт/м²; $q_{20}=54000$ Вт/м².

при $\vartheta_{\text{дод}}=0,0569$ °C; $q_{10}=20400$ Вт/м²; $q_{20}=46000$ Вт/м².

Характер изменения коэффициента теплоотдачи α_2 в зависимости от полезной разности температур и параметра упаривания $\vartheta_{\text{дод}}$ показан на рисунке 3.

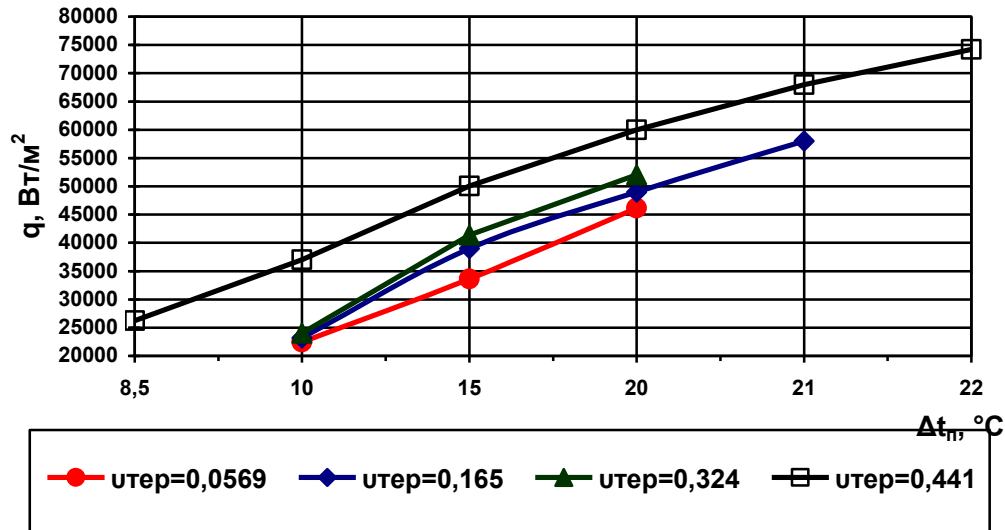


Рисунок 2 – Зависимость удельной тепловой нагрузки q от полезной разности температур $\Delta t_{п}$

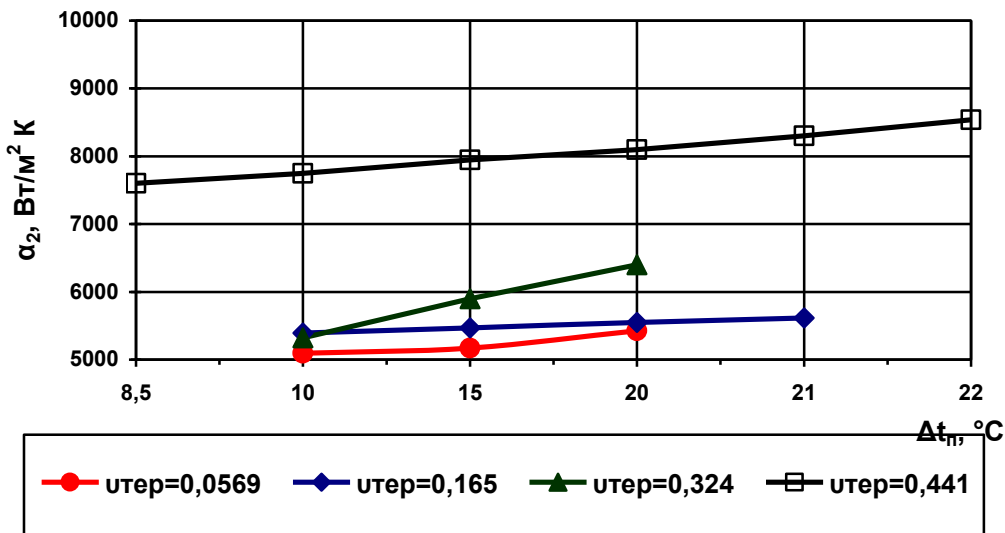


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента теплоотдачи α_2 от полезной разности температур $\Delta t_{п}$ при $n_{ц}=0,15$

Как видно из рис. 3, уменьшение параметра упаривания приводит к увеличению вязкости раствора и объему парорастворенной смеси в зоне кипения. Первое приводит к уменьшению коэффициента теплоотдачи ($\alpha \sim \mu^{-0,49}$), а второе – к увеличению гидравлического сопротивления контура циркуляции.

Одной из важных характеристик работы выпарных аппаратов с кипением раствора в щелевых каналах является кратность движения раствора по контуру, увеличение которой определяет длину развитого кипения в канале и паросодержание смеси на выходе из греющей камеры в сепаратор.

Влияние отношения площадей сечения обратной циркуляционной трубы к суммарной площади сечения каналов $n_{ц}$ показано на рисунке 4.

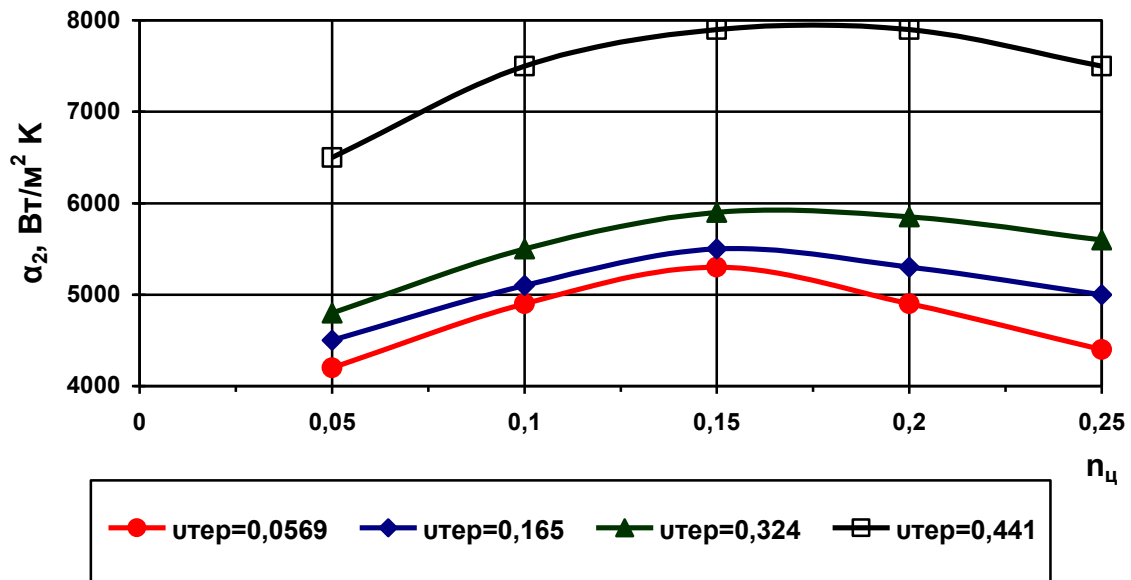


Рисунок 4 – Влияние $n_{ц}$ на значение коэффициента теплоотдачи при $\Delta t_{п}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Из рис. 4 видно, что при изменении $n_{ц}$ от 0,05 до 0,16 имеет место увеличение значения коэффициента теплоотдачи, а в дальнейшем – уменьшение. Объясняется это тем, что в щелевом канале присутствуют три основных зоны: зона подогрева раствора до температуры кипения, зона образования вторичного пара и зона развитого кипения. В первой зоне протекает конвективный теплообмен, во второй – конвективный теплообмен и кипение, в третьей – кипение. От соотношения этих зон зависит интенсивность переноса тепла.

При значении $n_{ц}=0,05\div 0,1$ в канал поступает малое количество раствора и возможен полный переход выпариваемого раствора в паровую фазу. При этом имеет место полное образование паровой фазы (заполнение каналов паром) и образование тонкой пленки раствора на поверхности нагрева.

Увеличение значения $n_{ц}$ более 0,16 приводит к значительному увеличению зоны конвективного теплообмена и уменьшению зоны пузырькового кипения, что в свою очередь приводит к уменьшению интенсивности переноса тепла.

Как видно из проведенного анализа работы греющей камеры ВА для максимальной интенсификации процесса выпаривания необходимо, чтобы кратность движения раствора по контуру была равна 0,15.

Литература

1. Фокин В.С., Кошельник В.М., Кошельник А.В., Збараз Л.И, Данилов Д.Ю. Методика определения паросодержания смеси на выходе из пластинчатого испарителя системы теплоснабжения //Коммунальное хозяйство городов, ИТС, выпуск 47. Киев «Техника», 2003, С. 168–171.
2. Головченко О.А., Фокин В.С., Марченко Л.Н., Аксельрод Л.С. К расчету размеров зоны развитого кипения в выпарных аппаратах нормализованной конструкции //Химическое машиностроение. Выпуск 77, М., НийХиммаш, 1977, С. 36–40.
3. Нечипоренко Д.И., Фокин В.С., Павлова В.Г., Гладкий В.Н. Исследование процессов кипения растворов в стекающей пленке трубчатых и пластинчатых греющих камер //Східно-Європейський журнал передових технологій.– Харків: Технологічний центр, 2006. – № 20, т.2, С. 80–82.

УДК 66.074:661

Фокін В.С., Данилов Д.Ю., Нечипоренко Д.І.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ РОЗЧИНУ
У ЩІЛИННИХ КАНАЛАХ ГРІЮЧОЇ КАМЕРИ ВИПАРНОГО АПАРАТУ**

Розглянуті питання, що пов'язані з дослідженнями процесу кипіння розчину у щільових каналах гріючої камери випарного апарату при різних режимах його роботи. Результати, які було отримано, дозволяють видавати рекомендації по ефективним режимам роботи випарних апаратів, а також встановити шляхи інтенсифікації їх роботи.