

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПЛЕНКИ РАСТВОРА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ И ВТОРИЧНОГО ПАРА В ТРУБНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПЛЕНОЧНОГО ВЫПАРНОГО АППАРАТА

А. П. Хомяков¹, В. Н. Гушшамова¹, А. М. Лапчаа¹, С. В. Морданов¹,
Т. В. Хомякова¹, Д. И. Гринев²

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

²ООО НПП «Машины и аппараты химических технологий»,
620026, Россия, г. Екатеринбург, ул. Восточная, 90

E-mail: v.n.gushshamova@urfu.ru

Технология очистки промышленных стоков в водоподготовительных установках Ново-Свердловской ТЭЦ включает в себя методы упаривания воды в вертикальных выпарных аппаратах с падающей пленкой и в выпарных аппаратах с принудительной циркуляцией [1].

Целью работы является исследование гидродинамики двухфазного потока в трубном пространстве пленочного выпарного аппарата установки очистки промышленных стоков. Исследование проведено методом численного моделирования с использованием математической модели [2]. Исследуемые режимы работы выпарного аппарата: с рециркуляцией раствора (начальный массовый расход составит 9750 кг/ч, начальная концентрация раствора 9,2%); без рециркуляции раствора (начальный массовый расход составит 6250 кг/ч, начальная концентрация раствора 6%).

Исследования проведены для аппарата с теплообменной трубкой диаметром $\Phi 38 \times 2$ мм и длиной $L = 6$ м, полезная разность температур – 10 °С и 20 °С, коэффициент теплопередачи – 1900 Вт/(м²·К).

На рисунке 1 представлено распределение локальных значений массового расхода упариваемого раствора по длине теплообменной трубки для двух режимов работы аппарата при $\Delta t = 10$ °С. Интенсивность орошения на нижнем срезе теплообменной трубки для режима №1 составляет 770 кг/(м·ч), а для режима №2 – 460 кг/(м·ч), что соответствует массовому расходу 0,023 кг/с и 0,0137 кг/с. Степень упаривания для двух режимов не превышает значение 1,5.

Стабильное движение двухфазного потока по длине теплообменной трубки подтверждается рисунком 2, поскольку изменение скорости вторичного пара имеет линейный характер, а значения скорости на выходе из трубки отличаются на ~3 м/с между двумя исследуемыми режимами при $\Delta t = 10$ °С. Рециркуляция раствора не повлияет на гидродинамическую картину в трубном пространстве выпарного аппарата.

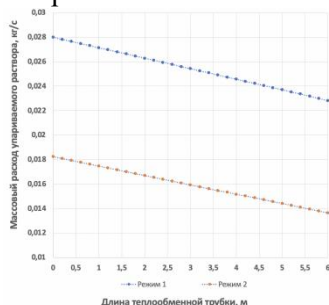


Рисунок 1 – Распределение локальных значений массового расхода упариваемого раствора по длине трубки для двух режимов работы аппарата

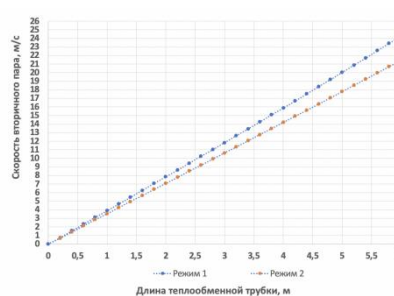


Рисунок 2 – Распределение локальных значений скорости вторичного пара по длине трубки для двух режимов работы аппарата

Библиографический список

1. Отчет отдела водно-химического анализа химического цеха теплоэлектростанции «Ново-Свердловская ТЭЦ» от 01.05.2024.
2. Khomyakov A.P. Mathematical model of two-phase flow processes in heat exchange tubes of the falling film evaporator / Khomyakov A.P., Gushshamova V.N., Mordanov S.V., Khomyakova T.V. // AIP Conference Proceedings. 2021. № 2388. DOI: 10.1088/1755-1315/864/1/012037.