

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛЕЗНОЙ РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУР НА ИЗМЕНЕНИЕ АБСОЛЮТНОГО ДАВЛЕНИЯ В ТЕПЛООБМЕННОЙ ТРУБКЕ ВЫПАРНОГО АППАРАТА ПЛЕНОЧНОГО ТИПА

Гушшамова В. Н.¹, Хомяков А. П.¹, Морданов С. В.¹, Хомякова Т. В.¹

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина
E-mail: 89126634949@yandex.ru

INVESTIGATION OF THE USEFUL TEMPERATURE DIFFERENCE EFFECT ON THE CHANGE IN ABSOLUTE PRESSURE IN THE HEAT EXCHANGE TUBE OF THE FALLING-FILM EVAPORATOR

Gushshamova V. N.¹, Khomyakov A. P.¹, Mordanov S. V.¹, Khomyakova T. V.¹

¹) Ural Federal University

The effect of the useful temperature difference on the absolute pressure change in the heat exchange tube of the falling-film evaporator is investigated. Distributions of local absolute pressure values along the length of the heat exchange tube are obtained.

Исследования гидродинамики двухфазного потока в теплообменных трубках выпарного аппарата пленочного типа являются актуальной задачей [1-5], поскольку полученные данные исследований целесообразно использовать при разработке новых и модернизации существующих вертикальных выпарных аппаратов пленочного типа.

В настоящее время нами проводится комплекс исследований по изучению изменений гидродинамических параметров двухфазного потока по длине теплообменной трубки методом численного математического моделирования [3-5].

Целью данной работы является исследование влияния полезной разности температур на изменения абсолютного давления в теплообменной трубке при движении двухфазного потока в трубном пространстве вертикального выпарного аппарата с падающей пленкой.

Исследование гидродинамики двухфазного потока при движении его сверху вниз по теплообменной трубке проводилось с помощью математического численного моделирования для вертикального выпарного аппарата пленочного типа, оснащенного теплообменной трубой диаметром $\varnothing 38 \times 2$ мм и длиной $L=7$ м. Данные были получены по длине теплообменной трубы с шагом $\Delta L=0,1$ м.

Для моделирования использовались следующие технологические параметры работы выпарного аппарата:

1. Полезная разность температур: $\Delta t=5^\circ\text{C}$; $\Delta t=10^\circ\text{C}$; $\Delta t=15^\circ\text{C}$; $\Delta t=20^\circ\text{C}$; $\Delta t=25^\circ\text{C}$.

2. Давление в верхней растворной камере 30400 Па;

3. Интенсивность орошения теплообменной трубки $3,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/(\text{м} \cdot \text{с})$, что соответствует расходу исходного раствора 150 л/ч.

Получено распределение локальных значений абсолютного давления по длине теплообменной трубки для различных значений полезной разности температур (рис.1). Изменение абсолютного давления по длине трубки обусловлено общими потерями давления, которые определяются тремя составляющими: потери на трение жидкой пленки о стенку теплообменной трубки; потери на трение вторичного пара о поверхность жидкой пленки; потери на изменение скоростного напора двухфазного потока.

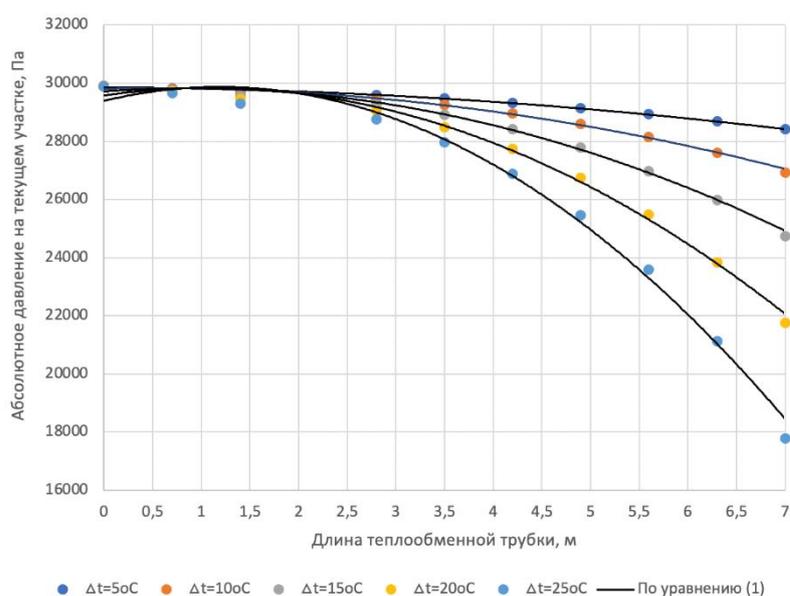


Рис. 1. Распределение локальных значений абсолютного давления в зависимости от значений полезной разности температур и длины теплообменной трубки

Получена аппроксимирующая функция для определения абсолютного давления в теплообменной трубке с учетом потерь давления в зависимости от значений полезной разности температур и длины трубки:

$$P = 29856 + (-0,52 \cdot \Delta t^2 + 0,022 \cdot \Delta t - 14,23) \cdot L^2 + (1,63 \cdot \Delta t^2 - 7,75 \cdot \Delta t - 17,49) \cdot L - 0,94 \cdot \Delta t^2 + 4,94 \cdot \Delta t \pm 1,5\%$$

Установлено, что абсолютное давление снижается по длине теплообменной трубки при всех рассматриваемых значениях полезной разности температур. Также, показано, что абсолютное давление снижается интенсивнее с увеличением значений полезной разности температур. Лимитирующим фактором снижения абсолютного давления являются потери давления на трение вторичного пара о поверхность жидкой пленки.

Снижение абсолютного давления в теплообменной трубке приводит к уменьшению температуры кипения раствора, и увеличению значений полезной разности температур по длине теплообменной трубки. Это положительным образом сказывается на эффективности выпаривания.

1. Hu Z. Hydrodynamics numerical simulation of a vertical falling film evaporator for ionic liquid systems / Z. Hu, Junnan Wang, H. Dong, S. Hussain, S. Zeng, Y. Nie, X. Zhang, S.Zhang // *Chemical Engineering Science*. Vol. 237. 2021. P. 1-8
2. Marangoni C. Falling film distillation column with heat transfer by means of a vapor chamber – part I: isothermal operation / C. Marangoni, A.P. Meneguelo, J.G. Teleken, L.O. Werle, K.W. Milanez, M.B.H. Mantelli, M.B. Quadri, A. Bolzan, M.C. dos Santos, L.C. Medina, R.A.F. Machado // *Chemical Engineering Communications*. 2019. № 206. P. 994-1005.
3. Khomyakov A.P. Investigation of two-phase flow hydrodynamics of heat exchange tube outlet falling film evaporator // Khomyakov A.P., Gushshamova V.N., Mordanov S.V. / *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. № 864. DOI: 10.1063/5.0068409
4. 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.
5. Khomyakov A.P. Investigation of hydrodynamic parameters distribution in heat exchange tubes of falling film evaporator / Khomyakov A.P., Gushshamova V.N., Mordanov S.V., Khomyakova T.V. // *AIP Conference Proceedings*. 2021. № 2388. DOI: 10.1063/5.0068408.