

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ТЕПЛООБМЕННОЙ ТРУБКИ ВЫПАРНОГО АППАРАТА ПЛЕНОЧНОГО ТИПА НА ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

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

¹) Уральский Федеральный Университет имени Первого Президента России Б.Н.
Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: elena-grushec@rambler.ru

INVESTIGATION OF THE GEOMETRIC DIMENSIONS INFLUENCE OF THE HEAT EXCHANGE TUBE OF THE FALLING-FILM EVAPORATOR ON THE HYDRODYNAMIC PARAMETER CHANGE

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

¹) Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

The paper presents the results of numerical simulation of the hydrodynamics of a two-phase flow in a heat exchanger tube of a film-type evaporation apparatus with various geometric parameters of the apparatus.

В предыдущих работах [1-3] нами рассмотрено влияние технологических параметров на гидродинамику двухфазного потока в теплообменных трубках выпарных аппаратов пленочного типа с падающей и поднимающейся пленкой, предназначенных для упаривания технологических растворов за один проход.

В представленной работе рассмотрено влияние диаметра теплообменной трубки пленочного выпарного аппарата с падающей пленкой на изменение гидродинамических параметров по длине трубки. Исследование гидродинамики проводилось с помощью численного моделирования с использованием математической модели [2].

Для моделирования использовались следующие технологические параметры работы выпарного пленочного аппарата:

1. Начальный объемный расход исходного раствора 100 л/ч;
2. Полезная разность температур 10°C;
3. Абсолютное давление в верхней растворной камере и трубном пространстве 47300 Па;
4. Размеры теплообменных труб в греющих камерах выпарных аппаратов: $\varnothing 20 \times 2$ мм; $\varnothing 25 \times 2$ мм; $\varnothing 32 \times 2$ мм; $\varnothing 38 \times 2$ мм; $\varnothing 45 \times 2$ мм, длина 7 м.

В качестве основных гидродинамических характеристик работы аппарата получены и проанализированы распределения по длине трубки локальных значений массовых расходов упариваемой воды и вторичного пара, скорости

пленки жидкой фазы и вторичного пара, толщины пленки, абсолютного давления в трубном пространстве (рис. 1).

В качестве количественного критерия изменения гидродинамических параметров по длине теплообменной трубки нами предложена степень изменения. Степень изменения (снижения или увеличения) характеризует удельное изменение локальных значений гидродинамических параметров по длине теплообменной трубки выпарного аппарата пленочного типа.

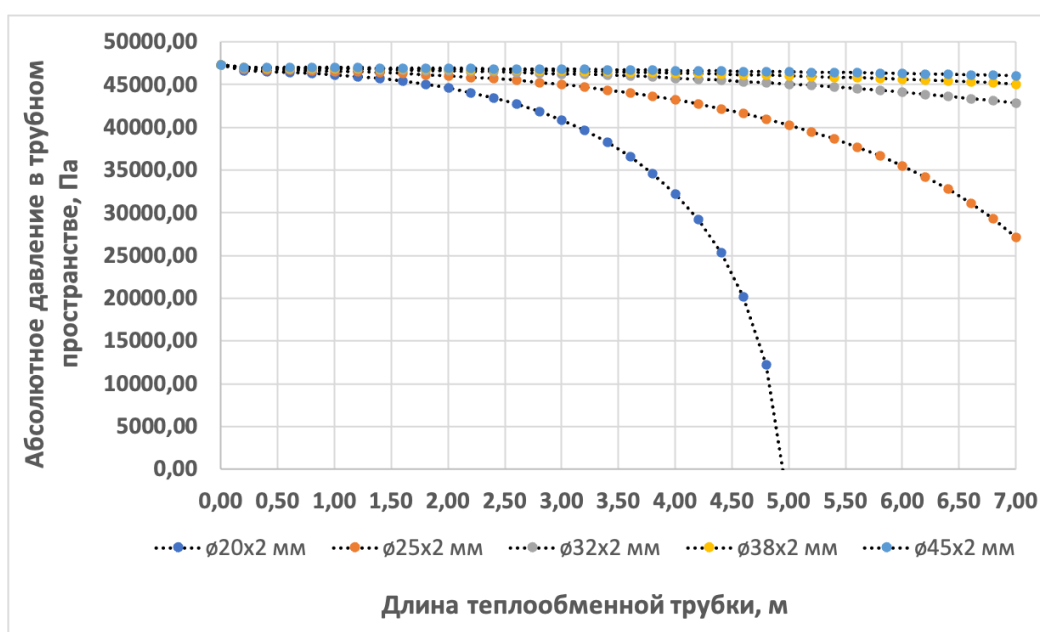


Рис. 1. Распределение локальных значений абсолютного давления в трубном пространстве по длине теплообменной трубки для различных диаметров труб при массовом расходе 100 л/ч

Установлено следующее:

1. Степень снижения абсолютного давления зависит от диаметра трубки;
2. С уменьшением диаметра трубки степень снижения увеличивается и имеет нелинейный характер;
3. Наибольшая степень снижения абсолютного давления наблюдается при $\varnothing 20 \times 2$ мм, что вызвано потерями абсолютного давления, а лимитирующей составляющей этих потерь являются потери на изменение скоростного напора;
4. С увеличением диаметра теплообменной трубки, скорость вторичного пара снижается, а следовательно, снижаются и потери на изменение скоростного напора.

По результатам исследования, получена часть исходных данных для задачи по определению оптимальных вариантов аппаратного оформления процесса концентрирования технологических растворов. Определены дальнейшие направления исследования.

1. Боровкова Э.В., Пантюхина Е.В. Анализ различных методов процесса выпаривания и конструкций выпарных аппаратов // Вестник ТулГУ. Автоматизация: проблемы, идеи, решения: Материалы Междунар. научнотехн. конф. «АПИР-22»; под ред. В.В. Прейса. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. С. 21-27.
2. Хомяков А.П. Экспериментальные исследования теплопередачи в выпарных аппаратах пленочного типа // Вестник УГТУ-УПИ Серия химическая -2003 - №3(23) - С 136-141.
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. Исследование влияния полезной разности температур на изменение гидродинамических параметров пленки жидкой фазы и вторичного пара по длине теплообменной трубки пленочного выпарного аппарата / В. Н. Гушшамова, А. П. Хомяков, С.В. Морданов, Т.В. Хомякова // Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021: сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 309–315