

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕПАРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУБЧАТОГО РАДИАТОРА ГИБРИДНОЙ ГРАДИРНИ

Четырчинский Я.В., Мадышев И.Н., Харьков В.В.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Казань*

Ключевые слова: сепарация, охлаждение воды, градирня, радиатор, эффективность.

Аннотация. В работе предлагается оценка эффективности сепарации трубчатого радиатора разработанной гибридной градирни для охлаждения оборотной воды промышленных предприятий. Выполнены численные исследования по определению сепарационной эффективности сепарации капель жидкости в градирне при изменении режимных параметров. Найдено, что эффективность сепарации капель жидкости в градирне гибридного типа незначительно снижается с увеличением среднерасходной скорости воздуха и увеличивается с повышением размеров капель.

SEPARATION EFFICIENCY OF TUBE RADIATOR OF HYBRID COOLING TOWER

Chetyrchinskii Ya. V., Madyshev I. N., Kharkov V. V.

Kazan National Research Technological University, Kazan

Keywords: separation, water cooling, cooling tower, radiator, efficiency.

Abstract. The paper deals with an evaluation of separation efficiency of tubular radiator for developed hybrid cooling tower applied for cooling water of industrial enterprises. Numerical studies have been carried out to determine the separation efficiency of liquid droplets in the cooling tower when regime parameters change. It is found that the efficiency of liquid droplet separation in a hybrid-type cooling tower decreases slightly with increasing air flow rate and rises with increasing droplet size.

Градирни используются для отвода тепла от технологического оборудования при проведении промышленных процессов, в системах водяного охлаждения и кондиционирования воздуха. Ранее авторами была разработана гибридная градирня, в которой в качестве контактных элементов используются наклонно-гофрированные пластины, а охлаждаемая жидкость подается в трубчатый радиатор, поверхность которого непрерывно орошается охлаждающей жидкостью [1, 2]. Методом повышения эффективности разработанной гибридной градирни является улучшение аэродинамической обстановки в оросительной части за счет увеличения степени осаждения капель охлаждающей жидкости на поверхности трубчатого радиатора.

Целью проводимых численных исследований является определение эффективности осаждения капель жидкости на поверхности труб радиатора гибридной градирни. Для этого была создана трехмерная модель устройства размерами 100x100 мм, представленная на рисунке 1. Исследования проводились в CFD комплексе, в котором моделировалось взаимодействие потоков жидкости и газа на системе воздух–вода при температуре 20°C. Количество труб в радиаторе принималось равным 14. Наружный диаметр труб составлял 8 мм, что

соответствует проведенным ранее экспериментальным исследованиям по определению гидравлического сопротивления. Высота устройства принималась равной 100 мм. Схема размещения труб в исследуемой гибридной градирне с основными размерами представлена на рисунке 2.



Рис. 1. 3D модель трубчатого радиатора

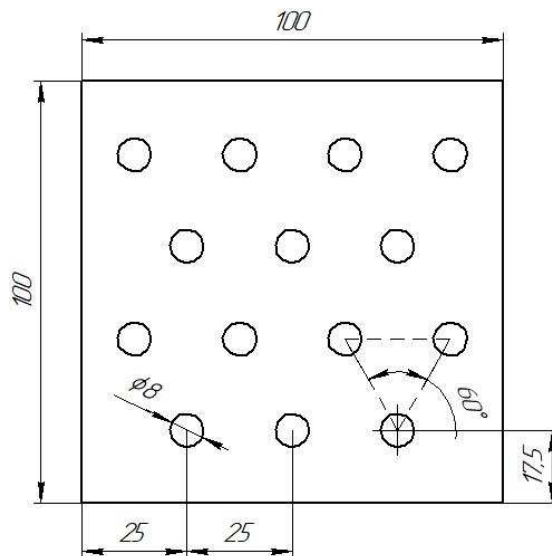


Рис. 2. Треугольная схема размещения труб радиатора в градирне

В ходе численных исследований изменялась среднерасходная скорость потока воздуха от 1,5 до 6 м/с, при этом диаметры улавливаемых частиц (капель воды сферической формы) задавались в пределах 0,5-3 мм. Количество частиц на входе в исследуемое устройство принималось равным 1000. В качестве основной модели выбрана двухпараметрическая $k-\omega$ модель турбулентности, показывающая удовлетворительное согласование с экспериментальными данными, полученными в других исследованиях авторов [3, 4]. На всех поверхностях труб радиатора гибридной градирни принималось условие прилипания.

Эффективность сепарации устройства оценивалось с помощью величины эффективности осаждения дисперсных частиц (капель):

$$E = 1 - N / N_0,$$

где N_0 – общее количество дисперсных частиц; N – количество частиц на выходе из оросительной части градирни.

Результаты исследований показали (рис. 3), что эффективность сепарации капель жидкости в гибридной градирне, как правило, незначительно снижается с увеличением среднерасходной скорости воздуха и увеличивается с повышением размеров капель. Так, например, увеличение размеров капель с 0,5 до 3 мм приводит к повышению эффективности осаждения всего лишь на 2,7% при среднерасходной скорости воздуха 4,5 м/с. Снижение среднерасходной скорости воздуха приводит к повышению эффективности сепарации не более чем на 4,7% при диаметре капель равной 2 мм.

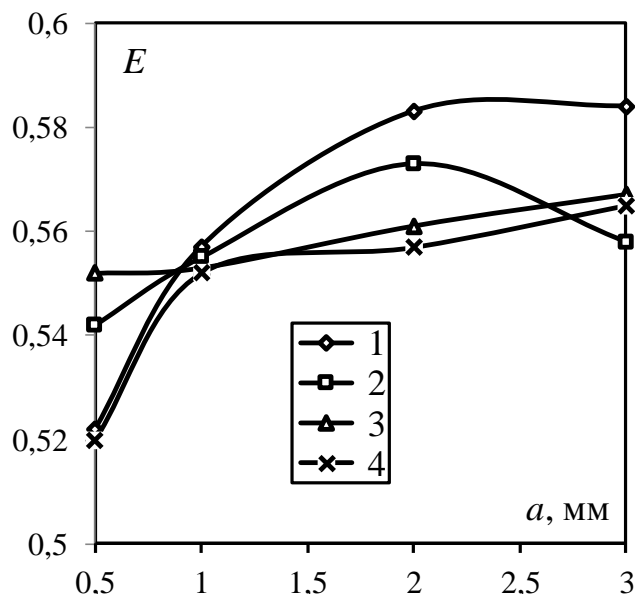


Рис. 3. Зависимость эффективности осаждения на поверхности труб радиатора от диаметра капель при различных среднерасходных скоростях воздуха W_{cp} , м/с: 1 – 1,5; 2 – 3; 3 – 4,5; 4 – 6,0

Проведенные исследования показывают, что средняя эффективность осаждения капель в гибридной градирне при исследуемых режимных параметрах работы составляет 55,4% при диаметре капель воды равном 1 мм.

Список литературы

1. Мадышев И.Н., Харьков В.В., Николаев А.Н. Интенсификация тепломассообменных процессов в испарительных градирнях. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2022. – 92 с.
2. Dmitriev A.V., Madyshev I.N., Kharkov V.V., Dmitrieva O.S., Zinurov V.E. Experimental investigation of fill pack impact on thermal-hydraulic performance of evaporative cooling tower // Thermal Science and Engineering Progress. 2021, vol. 22, p. 100835. DOI: 10.1016/j.tsep.2020.100835.
3. Dmitriev A.V., Madyshev I.N., Khafizova A.I., Nikolaev A.N. Hydrodynamics in counterflow cooling tower with corrugated inclined contact elements // Journal of Physics: Conference Series. 2020, p. 012078. DOI: 10.1088/1742-6596/1745/1/012078.
4. Kharkov V.V., Madyshev I.N., Kuznetsov M.G., Nikolaev A.N. Experimental study of pressure loss in hybrid cooling tower with finned tube radiator // Journal of Physics: Conference Series. 2022, vol. 2373(2), pp. 022055. DOI: 10.1088/1742-6596/2373/2/022055.

Сведения об авторах:

Четырчинский Ярослав Владиславович – аспирант;

Мадышев Ильнур Наилевич – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой МАХП НХТИ;

Харьков Виталий Викторович – к.т.н., доцент кафедры ОПП.