

*Р.Г.Акмен, канд.техн.наук, Э.Г.Братута, докт.техн.наук,
О.В.Круглякова, В.В.Чубарова*

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОБМЕНА И ГИДРОДИНАМИКИ В КАМЕРЕ ОРОШЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА ВОЗДУХА

Розроблена математична модель процесів гідродинаміки та теплообміну у зрошувальній камері кондиціонера, стосовно ступеню прогріву диспергованої рідини та виносу її на сепаратор.

Эмпирический подход к расчету основных процессов в камере орошения кондиционеров, принятый в качестве основного метода в ряде известных работ [1, 2, 3], в существенной мере ограничивает возможности перспективного проектирования аппаратов указанного типа. В связи с этим нами предпринята попытка на основе математического моделирования решения, по крайней мере, двух задач. Во-первых, расчетным путем установить расход капельной влаги, выносимой на сепаратор, и, во-вторых, определить нагрев капель за время их пребывания в активном пространстве камеры орошения.

При решении указанных задач будем считать заданными размеры камеры орошения и функцию распределения капель по размерам, которая задается уравнением вида [4]

$$v(D) = \frac{2}{3\pi} \alpha^4 D^3 K_1(\alpha D), \quad (1)$$

где α – параметр распределения, устанавливаемый по экспериментальному исследованию форсунок; D – диаметр капли; $K_1(\alpha D)$ – функция Бесселя первого порядка.

Траектория капли j -того разряда функции $v(D)$ определяется численным интегрированием уравнения движения, записанным применительно к трехмерному движению дисперсной среды

$$m \frac{d\vec{W}_c}{dt} = \pm m\vec{g} - C_{\text{впр}} f \frac{|\vec{U}| \vec{U}}{2}, \quad (2)$$

где \vec{W}_x – вектор абсолютной скорости капли в проекции на соответствующую ось координат; m – масса капли; τ – время; C_m – коэффициент аэродинамического сопротивления капли; f – миделево сечение капли; ψ – коэффициент деформации капли; ρ_a – плотность воздуха; $\vec{U} = \vec{W}_x - \vec{W}_x$ – относительная скорость капли.

При этом коэффициент сопротивления вычисляется как [4]

$$C_m = \frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt{Re}}, \quad (3)$$

где Re – критерий Рейнольдса, определяемый по относительной скорости капли.

В соответствии с рекомендациями работы [5] коэффициент деформации капли находится из соотношения

$$\psi = \exp(0,03We^{1,5}), \quad (4)$$

где We – критерий Вебера.

Так как средняя по объему температура капли \bar{t}_x является переменной во времени, то, используя решение задачи теплопроводности сферы при симметричном условии нагрева и граничных условиях третьего рода [6], величина \bar{t}_x определялась как

$$\bar{t}_x(\tau) = (t_x - t_{\infty}) \left[1 - \exp\left(\frac{4\mu^2 a}{D^2} \tau\right) \right] + t_{\infty}, \quad (5)$$

где a – коэффициент температуропроводности капли; μ – корень характеристического уравнения, определяемый по критерию Био; t_x – температура воздуха; t_{∞} – начальная температура воды.

Коэффициент теплообмена между каплей и воздухом рассчитывается из критериального уравнения [5]

$$Nu_j = 2 + 0,5 Re^{0,5}. \quad (6)$$

В качестве объекта расчета была принята двухрядная камера орошения кондиционера КТЦ-125, схема которой показана на рис. 1.

В качестве показателя, характеризующего вынос капельной влаги, использовался коэффициент

$$\delta = M_c / M_0, \quad (7)$$

где M_c и M_0 – расход капель, вынесенных на сепаратор, и суммарный расход воды, продуцируемый форсунками при заданной их геометрии и сечении соплового канала.

При расчете были использованы экспериментальные данные [4] о расходах и дисперсных характеристиках усовершенствованных центробежных форсунок типа УЦ, разработанных НИИКондиционер [3].

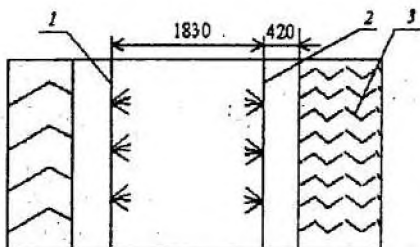


Рис. 1. Расчетная схема камеры орошения

1 – попутный ряд форсунок; 2 – встречный ряд; 3 – сепаратор.

На основе проектных расчетов, выполненных с использованием уравнения (2), величина определялась как

$$M_i = g \sum_{l=1}^{l=n} \int_0^{D_{cl}} v(D) dD, \quad (8)$$

где n – число форсунок соответствующего ряда; D_{cl} – максимальный диаметр каплей, стартовавших из i -той форсунки и достигших поверхности сепаратора; g – производительность одиночной форсунки.

Величина общего расхода $M_0 = \sum_{l=1}^{l=n} g$ и коэффициент уноса, определялись для первого и второго рядов камеры орошения.

Средняя температура капель \bar{t}_k в момент пересечения их с поверхностью воды в поддоне камеры определялась как

$$\bar{t}_k = \frac{\sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^k \left[t_{vj} \int_{D_j - \Delta D/2}^{D_j + \Delta D/2} v(D) dD \right]}{\sum_{l=1}^n \int_0^{D_{max}} v(D) dD}, \quad (9)$$

где t_{vj} – температура капли j -того разряда функции $v(D)$; k – число разрядов, на которое разбита непрерывная функция $v(D)$.

На рис. 2 представлены зависимости коэффициента выноса капельной влаги δ для различных спектров распыливания в зависимости от скорости воздуха W в камере орошения. Так как в соответствии с [4] параметр функции распределения α в

уравнении (1) связан с максимальным диаметром капель D_{max} соотношением вида $\alpha D_{max} = 7$, то для большей наглядности в качестве характеристики спектра капель на соответствующих кривых указан размер D_{max} .

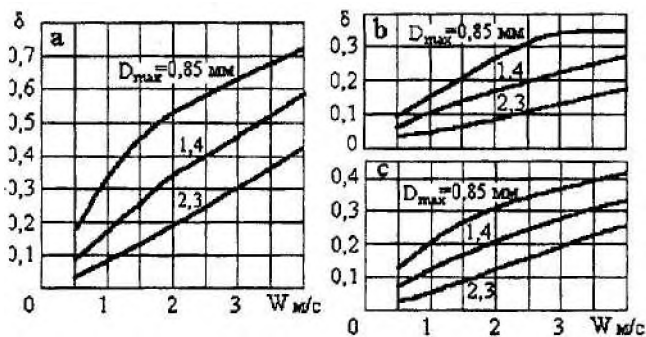


Рис. 2. Коэффициент уноса капельной влаги из камеры орошения
 а – суммарный коэффициент уноса от I и II ряда; б – коэффициент уноса I ряда форсунок; в – коэффициент уноса II ряда форсунок.

При очевидном увеличении величины δ по мере увеличения скорости воздуха можно констатировать, что при прочих равных условиях вынос влаги из второго противоточного ряда оказывается больше, чем из первого ряда форсунок. Это превышение составляет от 1 до 5%.

Как следует из рис.3, степень нагрева капель $\Delta t = t_x - t_{0x}$ (где t_{0x} – начальная температура воды перед входом в форсунки) увеличивается по мере уменьшения размеров капель и повышения скорости потока воздуха.

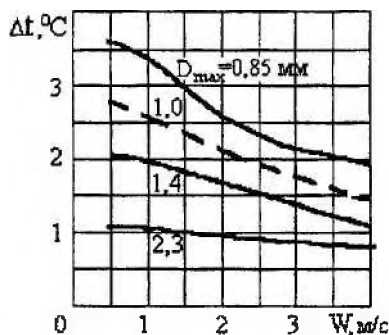


Рис. 3. Степень нагрева воды в камере орошения

Этот результат обусловлен воздействием двух основных факторов – времени пребывания капле в активном пространстве камеры и интенсивностью теплообмена на границе капля-воздух.

Сравнение полученных величин Δt с экспериментальными данными [3] показывает, что при обычно принимаемой скорости воздуха 3 м/с отличие расчетных значений не превосходит $0,4^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует о достаточной адекватности математической модели, предложенной в настоящей работе.

Список литературы: 1. Нестеренко А.В. Основы термических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Высшая школа, 1971. – 460 с. 2. Баркалов Б.Б., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. – М.: Стройиздат, 1971. – 321 с. 3. Соин И.В. Влияние схемного решения оросительной камеры на эффективность полнотропической камеры / Сб. научн. трудов «Кондиционеростроение». – Харьков, 1978. – Вып. 7. – С.28–33. 4. Братута Э.Г. Диагностика капельных потоков при внешних воздействиях. – Харьков: Выща школа, 1987. – 144 с. 5. Волянский М.С., Липатов А.И. Деформация и дробление капель в потоке газа // Инж.-физ. журнал, 1970. – Т.18. – №5. – С. 838–845. 6. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: ГЭИ, 1952. – 392 с.

Поступила в редакцию 26.10.2000

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ УКРАИНЫ**

ISSN 0453-7998

ISSN 0234-5110

ВЕСТНИК



**Харьковского
Государственного
Политехнического
Университета**

Выпуск 124

ХГПУ 2000

Технології в машинобудуванні. Вісник Харківського державного політехнічного університету. Збірка наукових праць. Випуск 124. — Харків: ХДПУ, 2000. — 123 с.

У віснику представлені теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, науковими співробітниками різних організацій та підприємств.

Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів.

В вестнике представлены теоретические и практические результаты научных исследований и разработок, выполненных преподавателями высшей школы, аспирантами, научными сотрудниками различных организаций и предприятий.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов.

Редакційна колегія: д.т.н., проф. *Морачковський О.К.* (відпов. ред.); д.т.н., проф. *Александров Є.Є.*; к.т.н., доц. *Андрєєв А.Г.* (відпов. секретар); к.т.н., доц. *Бортовой В.В.*; д.т.н., проф. *Воробйов Ю.С.*; д.т.н., проф. *Голоскоков Є.Г.*; д.ф.-м.н., проф. *Горошко О.О.*; д.т.н., проф. *Гриньов В.Б.*; д.т.н., *Жовдак В.О.*; д.т.н., проф. *Львов Г.І.*; д.ф.-м.н. проф. *Остапенко В.Л.*; акад. НАН України *Писаренко Г.С.*; д.т.н., проф. *Фільштинський Л.А.*; чл.-кор. НАН України *Шевченко Ю.М.*; д.т.н., проф. *Гератута Е.Г.*; д.т.н., проф. *Єфимов О.В.*; д.т.н., проф. *Левченко Б.О.*; д.т.н., проф. *Лур'є З.Я.*; д.т.н., проф. *Слітенко А.Ф.*; д.т.н., проф. *Капінос В.М.*; к.т.н., доц. *Юдін Ю.О.*

Адреса редакційної колегії: 61002, м. Харків, вул.Фрунзе, 21, Харківський державний політехнічний університет, тел.: (0572) 47 - 31 - 40.

Рекомендовано до друку Вченою радою ХДПУ,
протокол № 10 від 1.12.2000р.

В 4309010000-143 / 2000 / Замовлене

© Харківський державний

політехнічний університет, 2000