

УДК 66.045.5536.248.2

В. Ф. Пашков, к.т.н., доц.
С. В. Ковтун, к.т.н., доц.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Краматорск, Украина
makeevka23@gmail.com

О ВЛИЯНИИ НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕНИВАЮЩИХСЯ СРЕД НА КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛОМАССОБМЕНА

В работе приведён обзор и анализ мнений авторов о влиянии начальных параметров теплообменивающихся сред на коэффициенты теплообмена. На основании экспериментальных данных обосновано, что начальные параметры теплообменивающихся сред влияют на коэффициенты теплообмена и предложены параметрические критерии.

Ключевые слова: теплообмен, начальные параметры, коэффициенты.

В. Ф. Пашков, к.т.н., доц.
С. В. Ковтун, к.т.н., доц.

Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Краматорськ, Україна
makeevka23@gmail.com

ПРО ВПЛИВ ПОЧАТКОВИХ ПАРАМЕТРІВ СЕРЕДОВИЩ ЩО ТЕПЛООБМІНЮЮТЬСЯ НА КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОМАССОБМІНУ

В роботі наведено огляд і аналіз думок авторів щодо впливу початкових параметрів теплообмінюючих середовищ на коефіцієнти теплообміну. На підставі експериментальних даних обґрунтовано, що початкові параметри теплообмінюючих середовищ впливають на коефіцієнти теплообміну та запропоновано параметричні критерії.

Ключові слова: теплообмін, початкові параметри, коефіцієнти.

V. F. Pashkov, Ph.D., Assoc.
S. V. Kovtun, Ph.D., Assoc

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Kramatorsk, Ukraine
makeevka23@gmail.com

ON THE EFFECT OF THE INITIAL PARAMETERS OF HEAT-EXCHANGING MEDIA ON THE COEFFICIENTS OF HEAT AND MASS TRANSFER

The paper reviews and analyzes the opinions of the authors on the effect of the initial parameters of heat and mass transfer media on the heat-exchange. On the basis of experimental data, it is justified that the initial parameters of heat and mass transfer media influence the heat and mass exchange coefficients and parametric criteria are proposed.

Key words: heat and mass exchange, initial parameters, coefficients.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. При работе теплообменных аппаратов эффективность их работы зависит от степени точности определения коэффициентов теплообмена. Поэтому необходимо учитывать влияние начальных параметров.

Анализ исследований и публикаций показывает, что мнения учёных различны и отсутствует информация о обработке воздуха с начальной отрицательной температурой.

Постановка проблемы. На основании экспериментальных данных обосновать, что начальные параметры теплообменивающихся сред влияют на величину коэффициентов теплообмена.

Основной текст. Вопрос влияния начальных параметров теплообменивающихся сред на коэффициенты теплообмена при тепловлажностной обработке воздуха занимает одно из важных мест при исследовании теплообмена в контактных аппаратах. Мнения различных авторов при изложении этого вопроса разошлись, и он до настоящего времени носит дискуссионный характер.

В литературе высказываются три точки зрения. Согласно одной из них, начальные параметры теплообменивающихся сред не оказывают никакого влияния на коэффициенты теплообмена. Этому мнению придерживаются Н.М Жаворонков [1], В.А Гладков Б.Н [2], Процышин Б.Н [3]. А.Г. Аничкин на основании анализа работы [4] сделал вывод, что влияние начальных параметров на коэффициент теплоотдачи может быть объяснено тем, что температурный напор определяется как среднелогарифмический.

Е.С. Зайченко [5] не отрицает влияния начальных параметров на коэффициенты теплоотдачи, но объясняет это неправильным определением потоков тепла при обработке экспериментальных данных.

Вторая группа учёных придерживается мнения, что коэффициенты теплоотдачи в процессах теплообмена зависят от начальных параметров теплообменивающихся сред. Е.Е Карпис [6] для учёта влияния начальных параметров теплоносителей предложил температурный критерий:

$$\bar{T} = \frac{t_{c1} - t_{m1}}{t_{c1} - t_{w1}} \quad (1)$$

где: t_{c1} - начальная температура воздуха по сухому термометру, °С;

t_{m1} - начальная температура воздуха по мокрому термометру, °С;

t_{w1} - начальная температура воды, °С.

Л.М Зусманович [7] на основании опытных данных подтвердил своё предположение, что применение данного критерия правомерно лишь для небольшого диапазона изменения температур, и предложил для учёта начальных параметров теплообменивающихся сред применять следующий критерий:

$$M_1 = \frac{t_{m1} - t_{w1}}{t_{c1} - t_{m1}} \quad (2)$$

О.Я Кокорин в процессе обработки опытных данных при исследовании испарительного охлаждения воды использовал следующие критерии [8,9]

$$Q = \frac{t_{m1} - t_{w1}}{t_{c1} - t_{w1}} \quad (3)$$

$$\bar{p} = \frac{p_{H1} - p_{i1}}{p_{H1} - p_{W1}} \quad (4)$$

где: p_{H1} – парциальное давление водяного пара при начальной температуре воздуха, мм.рт. ст.

p_{i1} – парциальное давление водяного пара при i -ой температуре воздуха, мм.рт.ст.

p_{w1} – парціальное давление водяного пара при начальной температуре воды. мм.рт.ст

Однако последний критерий он использовал только в критериальном уравнении для коэффициента теплоотдачи.

Все приведенные критерии не применимы для процессов тепловлажностной обработки насыщенного воздуха, так как они обращаются в ноль или бесконечность.

Е.С.Зайченко [5] исследуя процессы нагрева воды насыщенным воздухом, для учёта влияния начальных параметров контактирующих сред на коэффициенты переноса тепла и массы использовал следующий критерий:

$$N = \frac{C_{вл}(t_1 - t_2)}{J_1 - J_2} \quad (5)$$

где: $C_{вл}$ – теплоёмкость влажного воздуха при начальной температуре, кДЖ/ кг °С,

t_1 и t_2 – начальная и конечная температуры воздуха, по сухому термометру, °С.

J_1 и J_2 – теплосодержания воздуха при начальной и конечной температурах, кДЖ/кг.

В последнее время в литературе высказана третья точка зрения, согласно которой для процессов охлаждения и осушения воздуха начальные параметры не влияют на величину коэффициента полного теплообмена, но оказывают влияние на величину явного теплообмена. Это было установлено Е.Е. Карписом [6] при исследовании тепломассообмена в форсуночных камерах и А.Н. Гоголиным [10] при исследовании теплообменного аппарата с орошаемой сотоблочной насадкой.

Согласно опытным данным Г.В. Русланова [11] при тепловлажностной обработке насыщенного воздуха в поверхностном орошаемом теплообменном аппарате коэффициенты тепломассоотдачи не зависят от начальных параметров теплообменивающихся сред.

Арзамасцев А.Г. Экспериментально установил, что коэффициенты теплоотдачи при испарении и конденсации отличаются в 1,1-1,8 раза. Но не предложил, как это учитывать [12].

Жиляев М.И. и Хромова Е.М. считают, что начальные параметры тепломассообменивающихся сред влияют только при обработке влажного воздуха при его конденсации [13].

Данных о влиянии начальных параметров на коэффициенты переноса тепла и массы для процессов тепловлажностной обработки воздуха с начальной отрицательной температурой в контактных насадочных аппаратах в литературе не обнаружено.

Учитывая это, были проведены экспериментальные и теоретические исследования динамики процессов тепломассообмена при тепловлажностной обработке насыщенного воздуха и воздуха с начальной отрицательной температурой в контактных насадочных аппаратах. Сделан вывод, что сочетание начальных параметров воды и воздуха оказывает влияние на коэффициенты тепломассообмена, и это влияние тем значительнее, чем больше диапазон изменения температур контактирующих сред.

Для учёта влияния начальных параметров воды и воздуха на коэффициенты тепломассообмена при тепловлажностной обработке воздуха предложены параметрические критерии:

а) для процессов охлаждения и осушения насыщенного воздуха:

$$N_K = \frac{J_1 - J_2}{J_{w1}} \quad (6)$$

б) для процессов нагрева и увлажнения воздуха с начальной отрицательной температурой:

$$N_{II} = \frac{J_{w2} - J_1}{J_{w2}} \quad (7)$$

где: J_{w1} и J_{w2} -теплосодержания воздуха при начальной и конечной температурах воды, кДж/кг

J_1 и J_2 -теплосодержания воздуха при начальной и конечной температурах, кДж/кг.

Числители выражений (7 и 8) представляют собой потенциальное количество полного тепла, которое может быть передано соответственно от воздуха к воде и от воды к воздуху. Следовательно, величины характеризуют собой интенсивность тепломассообмена в данных процессах. Вывод о влиянии начальных параметров взаимодействующих сред на коэффициенты тепломассообмена основаны на следующем:

Рассмотрим процесс тепломассообмена при нагреве воды насыщенным воздухом. Начальные параметры воздуха: t, d, J, p , воды t, d_w, J_w, p_w .

У поверхности, стекающей по насадке плёнке воды, образуются тепловой и диффузионный пограничные слои, представляющие собой термическое сопротивление передачи тепла теплопроводностью и диффузионное сопротивление молекулам пара. Термическое и диффузионное сопротивления прямо пропорциональны, а коэффициенты переноса тепла и массы обратно пропорциональны толщинам пограничных слоёв.

Движущей силой передачи тепла теплопроводностью через тепловой пограничный слой является разность температур воздуха в основном потоке и при температуре поверхности воды. А движущей силой переноса массы через диффузионный пограничный слой – разность парциальных давлений или влагосодержаний при температурах поверхности воды и основного потока.

Если в предложенном параметрическом критерии для процесса охлаждения и осушения воздуха N_k принять, что начальная температура воды, а соответственно и температура воздуха и его энтальпия у поверхности воды при этой температуре будут постоянными $t_{w1} = \text{Const}$, $J_{w1} = \text{Const}$, а температура основного потока и его энтальпия будут переменными, то чем выше температура основного потока, тем выше будет его энтальпия, тем больше будет разность начальных энтальпий воздуха и величина N_k . С возрастанием разности начальных энтальпий воздуха в основном потоке и у поверхности воды возрастут разность парциальных давлений $P - P_{w1}$ и разность влагосодержаний $d - d_{w1}$, а значит интенсивнее будет происходить конденсация молекул пара из пограничного слоя. Толщина пограничного слоя при этом будет уменьшаться, а коэффициенты переноса тепла и массы будут возрастать.

Кроме того, если не пренебрегать скачком температур на границе раздела воздуха и воды, то рост температуры в основном потоке воздуха вызовет увеличение температуры воздуха и в пограничном слое. А это приведёт к уменьшению вязкости воздуха в пограничном слое и, следовательно, к уменьшению толщины пограничного слоя и к увеличению коэффициентов тепломассоотдачи.

Таким образом, увеличение величины параметрического критерия N_k приводит к росту коэффициентов тепломассообмена.

Аналогичные рассуждения можно привести и для процесса нагрева воздуха водой и получить, что увеличение величины предложенного параметрического критерия ни приведёт к уменьшению коэффициента тепломассообмена.

Предложенные параметрические критерии для процессов осушения и охлаждения воздуха и для процессов увлажнения и нагрева воздуха соответствуют физической сущности процесса тепломассообмена и их применение на 4-6% повышает точность расчётов тепломассообменных аппаратов.

Литература

1. Жаворонков Н.М. Гидравлические основы скрубберного процесса и теплопередача в скрубберах. - Советская наука, 1944. -224с., рис.
2. Гладков В.А. Вентиляторные градирни. -2-е изд., перераб. и доп.-М.: Стройиздат, 1976. - 216с., рис., прилож.
3. Процьшин Б.Н. Исследование процесса тепломассообмена при контакте водных растворов солей с воздухом: Автореф. дисс. канд. техн. наук. - Киев, 1967. - 24с.
4. Аничхин А.Г. Средний температурный напор в оросительных камерах кондиционеров. - В кн. Кондиционирование воздуха: Сборник НИИСТ, 1966, №18, с.71-79.
5. Зайченко Е.С. Определение потоков тепла при нагреве воды насыщенным воздухом в контактных теплообменниках. - В кн. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в ВУЗах УССР: Строительство, архитектура строительные материалы и изделия. Киев, 1976, вып.10, с.60.
6. Карпис Е.Е. Исследование и расчёт процессов тепломассообмена при обработке воздуха водой в форсуночных камерах. - В кн.: Кондиционирование воздуха, Сборник НИИСТ, 1960. № 8 с.5-106.
7. Зусманович Л.М. Оросительные камеры установок искусственного климата. - М.: Машиностроение, 1961. - 119с.
8. Кокорин О.Я. Установки кондиционирования воздуха. Основы проектирования и расчёта. -2-е изд. перераб. и доп.- Машиностроение. 1976.-264с., ил.
9. Кокорин О.Я. Экспериментальное исследование влияния начальных параметров воздуха и воды на тепломассообмен в форсуночных камерах: Автореф. дис. канд. техн. наук. - М., 1955, 22 с.
10. Гоголин В.А. Экспериментальное исследование процессов охлаждения и осушения воздуха в орошаемых регулярных насадках.: Автореф. дис. анд. техн. наук. - 1968, 20 с.
11. Русланов Г.В. Исследование работы поверхностного орошаемого тепломассообменника в зимний период. - В кн.Санитарная техника: Межведомствен. респуб. научн. сборник, Киев: Будівельник, 1972. Вып.12, с. 87-92
12. Арзамасцев А.Г. Особенности расчёта теплообмена при течении водовоздушного потока в каналах с конденсацией пара на поверхности. Иновационное развитие №2, 2016, Международный научный журнал, г. Пермь, с. 4-6.
13. Жилияев М.И. , Хромова Е.М. Гидродинамика и тепломассообмен в форсуночных камерах орошения. Теплофизика и аэродинамика. Том 18, №1, 2011 г., с.15-25.