

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
Институт проблем машиностроения

На правах рукописи

РЯБОВА ИРИНА БОРИСОВНА

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА В
ГИДРОФИЛЬНЫХ ОРОШАЕМЫХ НАСАДКАХ РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ

05.14.04 - промышленная теплоэнергетика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рябова

Харьков - 1996



00759731 (W)

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена на кафедре

государственного политехнического университета.

- Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Братута Эдуард Георгиевич.
- Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Редько Александр Федорович;
кандидат технических наук, доцент
Южно Игорь Филиппович.
- Ведущая организация: Акционерное общество "НИИконди-
ционер", г. Харьков.

Защита состоится "15" мая 1996 г. в 14 часов в
аудитории XI этажа на заседании специализированного ученого
совета Д 02.18.03 в Институте проблем машиностроения НАН
Украины по адресу: 310046, г. Харьков, ул. Пожарского, 2/10.
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
проблем машиностроения НАН Украины по адресу: 310046,
г. Харьков, ул. Пожарского, 2/10 ИПМаш НАН Украины.

Автореферат разослан "12" апреля 1996 г.

Ученый секретарь

специализированного ученого совета

Дедков Г.В.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Актуальность проблемы. Решение многих вопросов повышения качества выпускаемой продукции, увеличения производительности труда, улучшения санитарно-гигиенических условий труда и защиты окружающей среды связано со все более широким применением в народном хозяйстве систем кондиционирования воздуха и вентиляции (СКВ и В), предназначенных для поддержания в обслуживаемом помещении требуемых технологических или комфортных параметров воздушной среды.

Основу СКВ и В составляют аппараты для тепловлажностной обработки воздуха, надежность и экономичность которых во многом определяет технико-экономические показатели указанных систем.

К числу таких, наиболее часто применяемых аппаратов, относятся адиабатные форсуночные камеры орошения центральных кондиционеров, в которых процессы тепломассообмена протекают при непосредственном контакте воздуха с распыленной жидкостью. Однако, такие аппараты довольно материалоемки, занимают большую площадь, требуют сравнительно высоких затрат энергии на распыл жидкости.

Поэтому, в настоящее время, представляет интерес поиск альтернативных конструкций адиабатных камер орошения, которые были бы лишены указанных недостатков и обеспечивали требуемую глубину обработки воздуха. Среди многообразия конструкций особый интерес представляют собой камеры орошения на базе насадок регулярной структуры (НРС). Указанные насадки весьма технологичны, а камеры орошения с НРС, которые начинают широко использоваться ведущими зарубежными фирмами, позволяют получать достаточно высокую эффективность обработ-

ки воздуха, при сравнительно малых аэродинамических сопротивлениях, габаритных размерах и металлоемкости.

Однако, при очевидной перспективности применения адиабатных камер орошения с НРС, необходимая информация о механизмах интенсификации теплообмена в косографированных пластинах, а также соответствующие экспериментальные данные и методики расчета аппаратов указанного типа практически отсутствуют. Это определяет актуальность экспериментально-теоретических исследований камер орошения с НРС, а также разработку их перспективных конструкций, чему и посвящена настоящая работа.

Диссертационная работа выполнена в 1990–1995 годах на кафедре теплотехники Харьковского государственного политехнического университета (ХПТУ) в соответствии с Государственной программой экономического и социального развития Украины на 1995 г. (Государственный контракт на научно-техническую продукцию приоритетных направлений науки и техники N 4.95.162 "Разработка и внедрение эффективного теплообменного оборудования стекловаренных печей с целью рационального использования топливно-энергетических и материальных ресурсов"), а также х/д темы с ХЗК "Научно-исследовательские работы по определению и выбору оптимальных конструктивных параметров увлажнителей из косографированных пластин" (N Г.Р. 01934014192).

Цель работы. Изучение теплоаэродинамических характеристик НРС на базе косографированных пластин Френкеля и разработка перспективных конструкций адиабатных камер орошения, используемых в системах кондиционирования воздуха.

Основные задачи: физическое и математическое моделиро-

вание тепловых процессов, протекающих в НРС на базе косо гофрированных пластин Френкеля.

Методы исследования: использованы методы физического и математического моделирования: метод рационального планирования эксперимента, метод аналогии, метод конечных разностей.

Научная новизна. В диссертационной работе впервые получены следующие новые научные результаты, выносимые на защиту:

1. Физико-математическая модель, описывающая гидродинамику потока при ламинарном течении несжимаемой жидкости в канале, поперечное сечение которого имеет форму равнобедренного треугольника с подвижным основанием, объясняющая механизм интенсификации процессов теплообмена в косо гофрированных пластинах Френкеля, а также методика численного исследования НРС на базе косо гофрированных пластин.

2. Результаты численного исследования структуры потока жидкости в рассматриваемых каналах при различных числах Рейнольдса и формах канала и получены данные, подтверждающие правильность предлагаемого механизма интенсификации процессов теплообмена.

3. Теоретические зависимости степени интенсификации процесса от длины канала, его формы и углов скречивания при различных числах Re .

4. Обобщенные зависимости величин чисел единиц переноса и аэродинамического сопротивления от амплитуды и шага гофрирования, угла скречивания каналов и массовой скорости воздуха и инженерная методика расчета адиабатных камер орошения на базе НРС.

5. Принципиальное конструктивное решение орошающего устройства, обеспечивающего равномерное смачивание поверхностей пластин при малых коэффициентах орошения.

Достоверность полученных результатов подтверждается хорошим согласованием расчетных данных с данными экспериментальных исследований и данными других авторов.

Теоретическая ценность работы заключается в разработке методики численного исследования процессов теплообмена в НРС, объяснении механизма интенсификации процессов переноса, имеющих место в этих насадках, а также в получении обобщенных теплоаэродинамических характеристик, которые могут быть использованы при конструировании новых адиабатных камер орошения.

Практическая ценность и использование результатов работы состоит в том, что на основании теоретических и экспериментальных исследований получена база данных в виде обобщенных теплоаэродинамических характеристик пакета кософфрированных пластин, и инженерной методики расчета, используемых при конструировании аппаратов с насадками регулярной структуры. Эти результаты были использованы АО НИИ кондиционер при разработке конструкции эффективных адиабатных увлажнителей воздуха центральных кондиционеров.

Соответствующие рекомендации были использованы при разработке и изготовлении увлажнительного блока из кософфрированных пластин, установленного в системе кондиционирования воздуха одного из помещений Государственной Художественной галереи им. А.М.Третьякова (вместо увлажнительных блоков фирмы "MUNTERS"), удовлетворительно функционирующего в настоящее время.

Методика экспериментальных исследований НРС введена в учебный процесс по НРС и дипломному проектированию на кафедре теплотехники ХПУ.

Апробация работы. Основные разделы работы докладывались на I Украинской научно-технической конференции "Проблемы инженерной экологии", Крым, п.Малый Маяк, 1992; IX школе-семинаре молодых ученых и специалистов "Современные проблемы газодинамики и теплообмена и пути повышения эффективности энергоустановок", Москва, 1993; Международной научно-технической конференции "Компьютер: наука, техника, технология, здоровье", Харьков, 1993; Международной научно-технической конференции "Совершенствование энергетических и транспортных турбоустановок методами математического моделирования, вычислительного и физического экспериментов", Змиев, 1994; Международной научно-технической конференции "Проблемы ресурсо- и природосбережения в энергетике", Харьков, 1994.

Публикации. По материалам диссертации опубликованы одна статья и пять тезисов докладов.

Личное участие в работе [1], написанной с соавторами, определяется следующим образом: предложена физико-математическая модель течения жидкости в каналах кософрированных пластин и ее численная реализация, а в работах [3] и [5] автором проводились численные исследования течения в каналах пластин Френкеля и сопоставление результатов численных и физических экспериментов.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературных источников из 63 наименований, 34 рисунков, 11 таблиц,

95 стр. основного текста , всего 153 стр.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен обзор существующих конструкций камер орошения. Детально рассмотрены конструктивные особенности камер орошения с НРС, способы увлажнения насадочных блоков и материалы для изготовления пластин увлажнителя, проанализированы пути их совершенствования. Рассмотрены способы интенсификации тепломассообменных процессов в НРС и проанализировано влияние ряда конструктивных параметров на эффективность обменных процессов. На основании опубликованных данных делается вывод о перспективах использования в качестве НРС косоугофрированных пластин Френкеля, отличающихся высокой теплоаэродинамической эффективностью и технологичностью конструкции увлажнительного пакета.

Обзор имеющихся литературных данных и проспектных материалов позволил сформулировать цели и задачи диссертационной работы и наметить пути их решения с привлечением методов физического и математического моделирования.

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию процессов тепломассообмена в пакетах косоугофрированных пластин. Для построения математической модели была предложена следующая схема течения жидкости в каналах, образованных пластинами Френкеля. Схема базируется на том, что при наложении друг на друга двух косоугофрированных пластин образуется две группы скрещивающихся под углом φ каналов, имеющих в поперечном сечении форму равнобедренного треугольника, каждая из которых образована гофрами соответствующей пластины. Поэтому воздух, поступающий на вход в насадку, имеет возможность

разделиться на два потока, каждый из которых перемещается по одной из групп каналов со свободной верхней границей. Струи воздуха перемещаются по соответствующей группе каналов в сторону понижения давления, взаимно влияют друг на друга. Это взаимное влияние приводит к тому, что в плоскости их соприкосновения на свободной границе возникают касательные напряжения, вызывающие вращательное движение воздуха в направлении перпендикулярном основному движению. Вначале в этом движении принимают участие лишь слои, находящиеся в непосредственной близости к поверхности соприкосновения потоков. По мере развития течения, благодаря силам вязкости, происходит постепенное вовлечение во вращательное движение все больших масс воздуха и, в конечном итоге, этот процесс охватывает всю область канала.

Такая схема гидродинамики потока, когда имеет место одновременно продольное и вращательное движение жидкости в канале со свободной границей, существенным образом влияет на повышение эффективности процесса теплообмена, так как при появлении циркуляционных течений происходит конвективный перенос жидкости от свободной границы канала к поверхности, что эквивалентно повышению теплового напора у этих границ.

Для получения количественной оценки описанного выше механизма интенсификации рассматривается следующая задача. Пусть несжимаемая вязкая жидкость при ламинарном режиме течения под действием перепада давлений перемещается вдоль оси Z по каналу, имеющему в сечении форму равнобедренного треугольника. Боковые стороны этого треугольника неподвижны, а основание движется в плоскости сечения с постоянной скоростью, вектор которой параллелен этой плоскости.

Течение жидкости в рассматриваемом канале описывается системой уравнений Навье-Стокса. Однако получение численных решений этой системы для задач в трехмерной постановке даже с использованием современной вычислительной техники представляет большие вычислительные трудности. Поэтому вводится ряд допущений, которые резко упрощают вычислительный процесс, не внося при этом существенных искажений в конечные результаты численного исследования процесса теплообмена:

- рассматривается стационарное течение вязкой несжимаемой жидкости;

- компонента скорости v_z во входном сечении постоянна по сечению и не изменяется по длине канала (указанное допущение позволяет свести решение трехмерной задачи к плоской, что существенно упрощает алгоритм решения и в то же время позволяет изучить гидродинамические эффекты, связанные с закруткой жидкости в канале, и их влиянием на интенсивность обменных процессов);

- продольным переносом тепла теплопроводностью, т.е. величиной $\partial^2 t / \partial z^2$, а также величинами $\partial^2 u_x / \partial z^2$ и $\partial^2 u_y / \partial z^2$ в связи с тем, что $d_0 / l \ll 1$, можно пренебречь.

С учетом указанных допущений система уравнений, описывающая обменные процессы при течении жидкости в рассматриваемом канале, записанная в безразмерной форме с учетом введения переменных "вихрь - функция тока", имеет вид

$$\frac{\partial \omega}{\partial z} + u_x \frac{\partial \omega}{\partial x} + u_y \frac{\partial \omega}{\partial y} = \frac{1}{\text{Re}} \Delta^2 \omega ; \quad (1)$$

$$\Delta \Psi = \omega ; \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial z} + u_x \frac{\partial T}{\partial x} + u_y \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{1}{\text{Re Pr}} \Delta^2 T . \quad (3)$$

Для задания краевых условий будем считать, что на всех стенках канала имеет место условие прилипания, в соответствии с которым все компоненты скорости на неподвижных границах равны нулю, а на подвижных - скорости движения границ. На входе в канал температура воздуха постоянна по сечению, на боковых гранях канала поддерживается постоянная температура, отличающаяся от входной и равная температуре воздуха по мокрому термометру во входном сечении, а на подвижной границе отсутствует теплоотвод.

Указанные краевые условия могут быть записаны в виде:

$$z = 0; \psi(x, y, z) = 0; \omega(x, y, z) = 0; T(x, y, 0) = 1 \quad (4)$$

$$\psi|_{\Gamma} = 0, \frac{\partial \psi}{\partial n}|_{\Gamma} = 0, T = 0 \quad - \text{ на неподвижной стенке} \quad (5)$$

$$\psi|_{\Gamma} = 0, \frac{\partial \psi}{\partial n}|_{\Gamma} = -1, \frac{\partial T}{\partial n}|_{\Gamma} = 0 \quad - \text{ на движущейся стенке} \quad (6)$$

Для решения системы уравнений (1) - (3) с краевыми условиями (4) - (6) были использованы численные схемы и алгоритмы решений двумерных уравнений Навье-Стокса, разработанные в Институте Проблем механики АН СССР В.И.Полежаевым и его сотрудниками, а также программы расчетов, модифицированные с учетом особенностей течения жидкости в каналах, имеющих в сечении форму равнобедренного треугольника и одну подвижную границу.

Главной отличительной особенностью, примененной в настоящей работе основной схемы решения методом конечных разностей, является раздельное решение на каждом временном слое уравнений вихря и вообще уравнений "типа переноса", к которым относится уравнение (3) и стационарного уравнения для

функции тока.

Для численного решения уравнений (1) - (3) использовался неявный метод конечных разностей, применяющийся на неравномерной сетке. Уравнение Пуассона для функции тока решалось итерационным методом переменных направлений.

На рис. 1, в качестве примера, приведены изолинии функции тока и изотермы для течения жидкости в треугольном канале с $d_3 = 0.577$ см, с углом при вершине 105° и при числе $Re = 1500$ (при $1/d_3 = 0.05$, $1/d_3 = 8.3$ и $1/d_3 = 28.3$).

Как видно из рис. 1 а, на начальном участке (сечение, отстоящее на $0.05 d_3$ от входа) слои воздуха, прилегающие к движущейся стенке, начинают вовлекаться во вращательное движение. По мере продвижения жидкости по длине канала это движение усиливается и охватывает всю область треугольного сечения канала. Его интенсивность определяется по плотности расположения линий тока, наибольшей в верхней части области, где жидкость вовлекается в движение движущейся границей за счет сил трения. В связи с увлечением жидкости подвижной границей, движение несимметрично: центр вихря, в котором значение функции тока максимально, смещен по направлению движения в сторону верхнего правого угла. Для сечения, расположенного на расстоянии $l = 8.3 d_3$ (рис. 1 б) течение распадается и появляется две вихревые зоны. При дальнейшем развитии движения появляется и третий вихрь, у подвижной стенки, а зона влияния второго вихря у вершины равнобедренного треугольника существенно расширяется.

Вращательное движение жидкости, которое имеет место при течении в треугольном канале, оказывает существенное влияние на интенсивность теплообмена в этих каналах при продольном

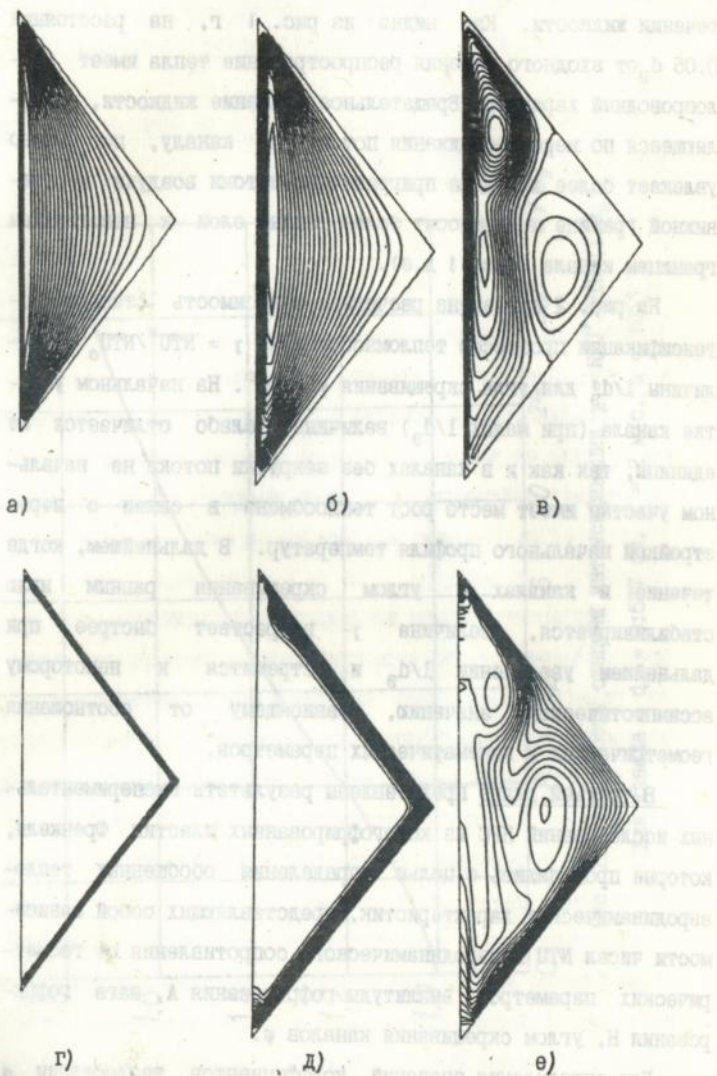


Рис. 1. Изолинии функции тока и изотермы для течения
 жидкости в канале с $d_0 = 0,577$ см, $\alpha = 105^\circ$, $Re = 1500$

течении жидкости. Как видно из рис. 1 г, на расстоянии $0.05 d_3$ от входного сечения распространение тепла имеет теплопроводный характер. Вращательное движение жидкости, появляющееся по мере продвижения потока по каналу, постепенно увлекает более холодные приграничные потоки воздуха к подвижной границе и переносит более теплые слои к неподвижным границам канала (рис. 1 д, е).

На рис. 2 приведена расчетная зависимость степени интенсификации процессов теплообмена $\gamma = NTU^*/NTU_0$ от величины l/d_3 для угла скрещивания $\phi = 90^\circ$. На начальном участке канала (при малых l/d_3) величина γ слабо отличается от единицы, так как и в каналах без закрутки потока на начальном участке имеет место рост теплообмена в связи с перестройкой начального профиля температур. В дальнейшем, когда течение в каналах с углом скрещивания равным нулю стабилизируется, величина γ возрастает быстрее при дальнейшем увеличении l/d_3 и стремится к некоторому асимптотическому значению, зависящему от соотношения геометрических и кинематических параметров.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований НРС из косо гофрированных пластин Френкеля, которые проводились с целью определения обобщенных теплоаэродинамических характеристик, представляющих собой зависимости чисел NTU и аэродинамического сопротивления от геометрических параметров амплитуды гофрирования A , шага гофрирования H , углом скрещивания каналов ϕ .

Для определения значений коэффициентов теплоотдачи α испытания насадок проводились в адиабатном режиме. При этом температуры поверхностей пластин во всех точках увлаж-

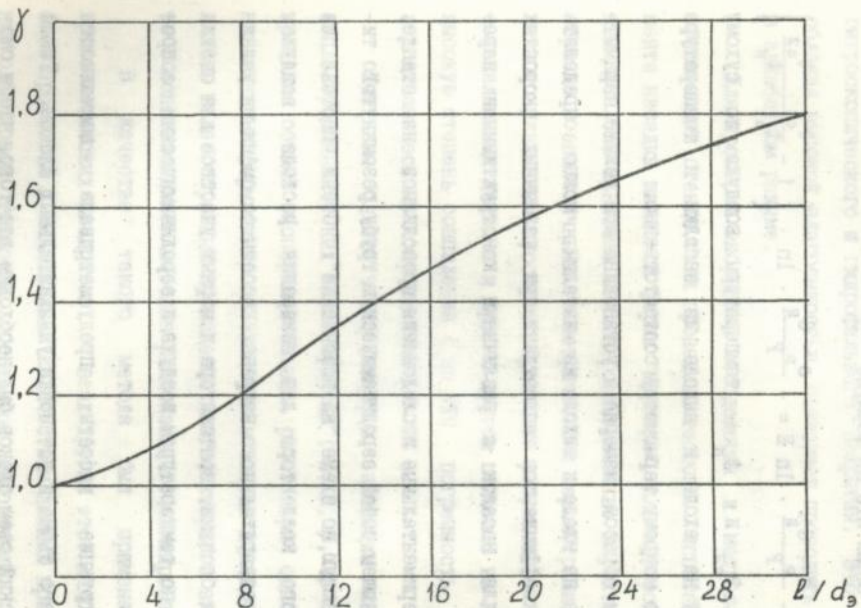


Рис. 2. Зависимость степени интенсификации $\gamma = NTU^*/NTU_0(l/d_0)$
 для канала с $d_0 = 0,577$ см, $v = 2$ м/с, $\alpha = 105^\circ$

нительного блока автоматически поддерживаются при постоянной температуре, равной температуре воздуха по мокрому термометру на входе в насадку.

В этом случае величина α может быть вычислена из выражения для числа NTU по формуле

$$\alpha = -\frac{C \cdot G}{F} \cdot \ln E = -\frac{C \cdot G}{F} \cdot \ln \cdot \left[1 - \frac{t_{c1} - t_{c2}}{t_{c1} - t_M} \right]$$

где t_{c1} , t_{c2} и t_M - температуры воздуха по сухому термометру на входе и выходе из насадки и температура воздуха по мокрому термометру соответственно.

Таким образом, измеряя в установившемся режиме параметры воздуха на входе и выходе из насадки, можно определять величины коэффициентов теплоотдачи при различных скоростях воздуха для насадок с различными конструктивными параметрами.

Экспериментальные исследования проводились на стенде, представляющем собой аэродинамическую трубу разомкнутого типа, работающую по схеме "на всасывание". Стенд состоял из стандартного коллектора для измерения расхода воздуха, участка предварительного нагрева, кассеты со сменными увлажнительными блоками, вентилятора и мерных участков для снятия показаний по температурам воздуха и аэродинамическим сопротивлениям.

Конструкция кассеты предусматривала возможность оперативного съема и установки увлажнительных блоков. Такой периодический съем блоков был необходим для того, чтобы смочить пластины насадки и обеспечить проведение адиабатного режима.

Увлажнительный блок представлял собой пакет исследуемых

косоофигурованных пластин, изготовленных из алюминиевой фольги толщиной 0.1 мм. Поверхность пластин обезжиривалась и обрабатывалась растворами солей и щелочей по специальной технологии, обеспечивающей получение на пластинах стойкого гигроскопического и гидрофильного покрытия. Это покрытие, обладая высокой влагоемкостью, позволяет проводить испытания в адиабатном режиме.

Для проверки выбранной методологии и метрологического обеспечения стенда были проведены тестовые испытания фрагмента насадки шведской фирмы "Мунтерс", для которой по данным каталога известны теплоаэродинамические характеристики и образца с аналогичными геометрическими параметрами, изготовленного указанным способом. Сравнение результатов испытаний с каталожными данными и друг с другом показало на достаточно высокую степень совпадения (по NTU погрешность 3-6%, по аэродинамическому сопротивлению 4-10%).

Учитывая большое число факторов, влияющих на уровень теплоаэродинамических характеристик (A, H, φ, φ_r), для сокращения объема экспериментальных работ при одновременном повышении информативности экспериментальных данных представлялось целесообразным проведение многофакторного эксперимента с использованием методов рационального планирования.

В качестве такого метода был применен метод греко-латинских квадратов. От всех других этот метод отличается простотой и минимальным количеством данных при сохранении одинаковой точности обобщенной информации. При этом обобщенная зависимость для вычисления определяемых величин представляется в виде произведения функций влияния отдельных факторов.

Благодаря использованию этого метода, удалось ограничить общее число испытываемых увлажнительных пакетов девятью моделями, геометрические параметры которых представлены в табл. 1.

Геометрические параметры испытываемых насадок

Таблица 1.

№ образца	A, мм	H, мм	ϕ , °	F, м ²	n, шт.
1	5	9	30	3.93	50
2	7	9	60	3.51	36
3	9	9	90	3.32	28
4	5	15	90	3.10	50
5	7	15	30	2.60	36
6	9	15	60	2.31	28
7	5	21	60	2.84	50
8	7	21	90	2.24	36
9	9	21	30	1.95	28

Здесь n - число косогофрированных пластин в образце.

В результате обработки экспериментальных данных, полученных в ходе испытаний указанных моделей увлажнительных блоков, были получены обобщенные теплоаэродинамические характеристики, справедливые в диапазоне изменения геометрических параметров $A = 5 + 9$ мм, $H = 9 + 21$ мм, $\phi = 30 + 90^\circ$.

$$NTU = 659 \cdot 1 \cdot (v\rho)^{-0.355} \cdot A^{-1.02} \cdot H^{-0.76} \cdot \phi^{0.63} \quad (7)$$

где $v\rho$ - массовая скорость воздуха в "живом" сечении каналов насадки, кг/(м²·с);

A, H - амплитуда и шаг гофрирования, мм;

φ - угол скрещивания соседних пластин, рад;

l - глубина насадки, м.

$$\Delta P = 383 \cdot l \cdot (\nu \rho)^{1.78} \cdot A^{-0.90} \cdot H^{-0.25} \cdot \varphi^{1.38}, \text{Па} \quad (8)$$

В этой же главе приведены методика инженерного расчета адиабатных увлажнителей воздуха и метод определения оптимальных конструктивных параметров кософфрированных пластин, базирующийся на обобщенных зависимостях (7) и (8).

В четвертой главе рассмотрены принципиальные технические решения конструирования узла орошения увлажнительного блока и проведен анализ перспективных материалов для НРС.

Проведены исследования и проверена работоспособность узла орошения, в котором в качестве элемента равномерно распределяющего воду, используется пенополиуретан с открытыми порами толщиной 10 мм. Отмечено хорошее смачивание пластин НРС при коэффициентах орошения 0.07.

Сформулированы требования, предъявляемые к материалам, которые могут использоваться для изготовления гидрофильных орошаемых пластин и предложены к применению несколько групп материалов. В качестве возможных материалов рассмотрены металлические ленты, изготавливаемые путем спекания металлических порошков, мелкоячеистые металлические сетки, композиционные материалы, представляющие собой, например, алюминиевую фольгу, с двух сторон обклеенную непарафинированной стеклотканью, или композиционные материалы, в которых используются как стекло- так и термопластичные полиамидные волокна. Предложена схема установки для производства алюминия, дублированного стеклотканью.

3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

1. Предложена физико-математическая модель гидродинамики потока в каналах косогафрированных пластин, объясняющая интенсификацию процессов теплообмена при течении несжимаемой жидкости в канале, поперечное сечение которого имеет форму равнобедренного треугольника с подвижным основанием, и получены ее количественные характеристики.

2. С помощью математического моделирования численным способом исследована структура потока жидкости в рассматриваемых каналах при различных числах Рейнольдса и формах канала и получены данные, подтверждающие правильность предлагаемого механизма интенсификации процессов теплообмена, а также определены количественные зависимости степени интенсификации процесса теплообмена от длины канала, его формы и углов скрещивания при различных числах Re .

3. Предложена модифицированная методика экспериментальных исследований по определению интегральных коэффициентов теплоотдачи, основанная на изотермичности контактной поверхности, а также разработан и создан стенд для проведения теплоаэродинамических испытаний экспериментальных образцов НРС.

4. Доказана перспективность использования в качестве материала пластин экспериментальных образцов увлажнительных блоков алюминиевой фольги, обработанной химическим способом, в результате чего на ее поверхности образуется достаточно влагоемкое гидрофильное, гигроскопичное покрытие.

5. Получены обобщенные зависимости величин NTU и ΔP от амплитуды и шага гофрирования, угла скрещивания каналов и массовой скорости воздуха, справедливые в диапазоне изме-

нения геометрических параметров $A = 5 + 9$ мм, $H = 9 + 21$ мм, $\varphi = 30 + 90^\circ$, проведено сравнение результатов экспериментов по NTU с данными теоретических исследований и отмечено их хорошее согласование. Полученные зависимости могут быть использованы при разработке и конструировании аппаратов с НРС, в частности адиабатных камер орошения и пластинчатых теплоутилизаторов.

6. Предложена инженерная методика расчета адиабатных камер орошения на базе НРС, а также разработана конструкция и проверена работоспособность орошающего устройства, обеспечивающего равномерное смачивание поверхностей пластин при малых коэффициентах орошения.

7. Разработаны технические требования к материалам насадок, учитывающие их длительное и надежное функционирование в составе адиабатных увлажнительных блоков.

8. Рассмотрены и проанализированы различные перспективные направления разработки и создания неметаллических и композиционных материалов для насадок регулярной структуры.

9. Предложена принципиальная схема опытно-промышленной установки для изготовления материала из алюминиевой фольги, дублированной непарафинированной стеклотканью.

4. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

отражено в опубликованных работах:

1. Братута Э.Г., Бялый Б.И., Рябова И.Б., Федюшкин А. И. Моделирование процессов тепломассопереноса в орошаемых насадках регулярной структуры. // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ - Энергетика. 1993. N7-8. - С. 90-94.
2. Рябова И.Б. Математическое моделирование процессов

теплопереноса в пластинчатых теплоутилизаторах систем вентиляции и кондиционирования воздуха. // Тез. докл. 1 Укр. научно-техн. конф. "Проблемы инженерной экологии". - Харьков, 1992. - С. 60.

3. Братута Э.Г., Рябова И.Б., Федюшкин А.И. Определение эффективности тепломассообмена в охладителе воздуха ГТУ с орошаемой насадкой. // Тез. докл. IX школы-семинара молодых ученых и специалистов "Современные проблемы газодинамики и тепломассообмена и пути повышения эффективности энергетических установок". - М.: Издательство МГТУ, 1993. - С. 61-62.

4. Рябова И.Б. Математическая модель и ее численная реализация применительно к анализу эффективности тепломассообменного блока систем кондиционирования воздуха. // Тез. докл. междунар. научн.-техн. конф. "Компьютер: наука, техника, технология, здоровье" - Харьков, 1993. - С. 201-203.

5. Рябова И.Б., Федюшкин А.И. Моделирование процесса тепло- и массообмена в охладителе воздуха ГТУ с орошаемой насадкой регулярной структуры. // Тез. докл. междунар. научно-технической конференции "Совершенствование энергетических и транспортных турбоустановок методами математического моделирования, вычислительного и физического экспериментов". - Харьков, 1994. - С. 51.

6. Рябова И.Б. Моделирование процессов теплообмена в утилизаторах теплоты систем кондиционирования и вентиляции воздуха. // Тез. докл. междунар. научн.-техн. конф. "Проблемы ресурс- и природосбережения в энергетике". - Харьков, 1994. - С. 38.

SUMMARY

Ryabova I.B. Modeling of heat and Mass transfer processes in regular structure water-receptive humidifier pads. Thesis manuscript for finding of the academic degree of a candidat of science on the speciality 05.14.04 - industrial heat power engineering . Institute for Problems in Machinery National Academy of Sciences of the Ukraine, Kharkiv, 1996.

Mathematical model of air-flow in the thriangular cross-section chanel is developed. The results of numerical and experimental research are represented. The termal and air-dynamical characteristics of the rigid-media pads have been determinated.

АНОТАЦІЯ

Рябова І.Б. Моделювання процесів тепло- та масообміну в гідрофільних зрошуваних насадках регулярної структури. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.04 - промислова теплоенергетика, Інститут проблем машинобудування НАН України., Харків, 1996.

Розроблено математичну модель процесу тепломасообміну повітряного потоку в каналах трикутного перерізу, які створені косоюфрірованими пластинами. Надаються результати чисельних та експериментальних досліджень. Одержані теплоаеродинамічні характеристики насадок регулярної структури.

Ключові слова: моделювання, теплообмін, косоюфрірована пластина, гідрофільні зрошувані насадки, число одиниць переносу, теплоаеродинамічні характеристики.

УКРНИИМЕТа. Заказ № 05 . Тираж 100
Харьков, 2, ул. Дарвина, 20

AB.34.496

AB 34.496