

697.9
Т 41

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕКСТИЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ А. Н. КОСЫГИНА

На правах рукописи

ТИМОНОВ Иван Афанасьевич

УДК 697.932 /043.3/

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА В АППАРАТАХ
СО ВСТРЕЧНЫМИ ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ

Специальность 05.23.03

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование
воздуха, газоснабжение, акустика и осветительная
техника

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1989

18



Работа выполнена в Московском ордена Трудового Красного Знамени текстильном институте имени А.Н.Косыгина.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор В.Н.Талиев

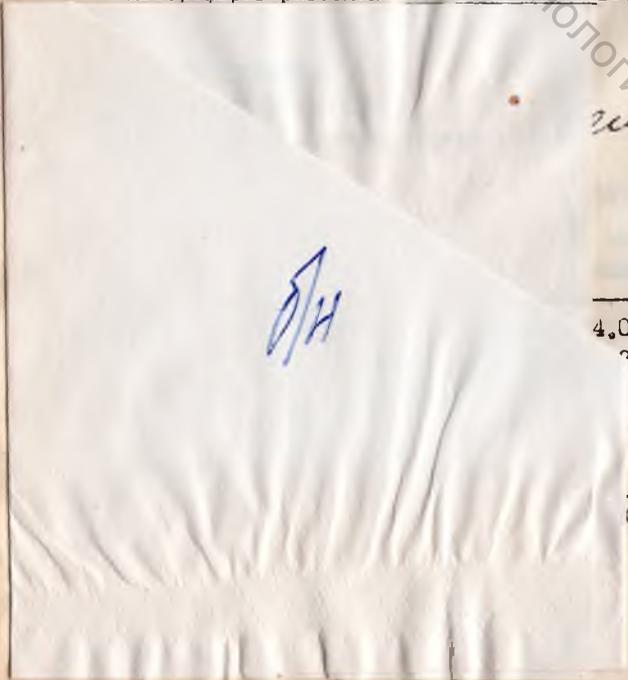
Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор В.И.Прохоров
кандидат технических наук, доцент А.Т.Мелик-Аракелян

Ведущее предприятие - Государственный проектный институт Громстройпроект, г.Москва

Защита диссертации состоится "19" июня 1989 г. в 15³⁰ часов на заседании специализированного совета К 053.25.06 в Московском ордена Трудового Красного Знамени текстильном институте имени А.Н.Косыгина по адресу: 117918, Москва, улица Малая Ка-лужская, дом 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "19" июня 1989 г.



мл В.С.Омельчук
Витебский университет

4.05.89
24.05.89
тиража множ.
-изд.л. 1,0
Бесплатно

мая, 26

А Н Н О Т А Ц И Я

Диссертационная работа посвящена разработке и исследованию аппаратов со встречными закрученными потоками - увлажнителей /ВЗП-У/ для целей кондиционирования воздуха. В ней изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований аппаратов ВЗП-У, предназначенных для осуществления процессов политропного охлаждения воздуха. Разработана новая математическая модель, описывающая процессы тепломассообмена в рабочей камере аппаратов ВЗП-У. Предложена методика определения теплотехнических характеристик данных аппаратов. В результате экспериментальных исследований получены регрессионные математические модели, позволяющие определять коэффициенты эффективности процессов в зависимости от режимных и конструктивных параметров работы аппаратов. Экспериментальным путем определены истинная удельная поверхность контакта между каплями воды и воздухом и коэффициенты тепломассообмена. Проведена сравнительная технико-экономическая оценка аппаратов ВЗП-У. Предложена инженерная методика расчета аппарата ВЗП-У для осуществления процессов политропного охлаждения воздуха. Уточнены области применения аппаратов ВЗП-У.

Автор защищает:

- математическую модель тепломассообмена между воздухом и водой в аппарате ВЗП-У;
- регрессионные математические модели для определения коэффициентов эффективности процессов политропного и адиабатного охлаждения воздуха;
- регрессионные математические модели для определения истинных поверхности контакта фаз и коэффициентов тепломассообмена в аппарате ВЗП-У, полученных экспериментальным путем;
- методику инженерного расчета политропного охлаждения воздуха в аппарате ВЗП-У.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из основных направлений дальнейшего совершенствования систем кондиционирования воздуха СВВ является создание новых малогабаритных, высокоэффективных аппаратов,

Витебского технологического
института легкой промышленности.

ИНВ. № _____

предназначенных для тепловластной обработки воздуха. Аппараты ВЗП-У характеризуются значительной интенсификацией процессов теплообмена. Они обладают сравнительно малыми габаритами, металлоемкостью, аэродинамическим сопротивлением и просты в конструктивном отношении. Эти аппараты позволяют повысить скорость движения воздуха до 10 м/с, работать при меньших коэффициентах орошения по сравнению с типовыми камерами орошения.

Исследования, выполненные по предложению проф. Б.С.Сажина, показали целесообразность применения аппаратов ВЗП для адиабатного охлаждения воздуха. Это позволило создать аппараты ВЗП-У с производительностью по воздуху от 1500 до 10000 м³/ч при диаметре рабочей камеры соответственно 260 и 700 мм.

Цель работы. Проведение теоретических и экспериментальных исследований для получения и улучшения конструктивных и режимных параметров работы аппарата ВЗП-У применительно к политропному охлаждению воздуха. Уточнение областей применения аппаратов ВЗП-У.

Научная новизна. На основании анализа теоретических и экспериментальных исследований гидродинамики и теплообмена аппаратов ВЗП-У разработана новая математическая модель, описывающая процессы теплообмена в этих аппаратах. Предложенная модель позволяет получить функциональные связи между тепловыми, гидродинамическими и конструктивными характеристиками. Экспериментальным путем получены регрессионные математические модели, позволяющие определять коэффициенты эффективности протекающих процессов, а также истинную поверхность контакта фаз и коэффициенты теплообмена в аппарате ВЗП-У.

Практическая ценность и реализация работы. На основе теоретических и экспериментальных исследований предложена методика определения теплотехнических характеристик аппаратов ВЗП-У, которая является основой для решения вопросов оптимизации конструктивных и режимных параметров работы аппаратов и проведения различных технико-экономических расчетов по оценке эффективности применения аппаратов ВЗП-У. Определена оптимальная скорость движения воздуха в аппарате и оптимальные конструктивно-режимные параметры его работы. Экспериментальные исследования аппаратов ВЗП-У выявили возможность уменьшения высоты аппарата в 1,3 раза без существенных изменений гидродинамических и тепловых характеристик. Экспериментальным путем получены коэффициенты, необходи-

мые при разработке методики инженерного расчета политропного охлаждения воздуха в аппарате ВЗП-У. Результаты работы могут быть использованы при проектировании и подборе данных аппаратов.

Аппарат ВЗП-У диаметром 700 мм был использован для охлаждения приточного воздуха в цехе изоляции Курского специализированного СМУ треста "Росгазстрой". Социально-экономический эффект от вне-тенил одной установки составил 3087 руб/год.

Выявлена возможность и целесообразность применения аппаратов ВЗП-У в качестве утилизаторов теплоты. Применение аппарата ВЗП-У в качестве утилизатора теплоты уходящих дымовых газов котельной Курского пищекомбината ОПС позволило получить ожидаемый экономический эффект в размере 14600 руб/год.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на Второй Всесоюзной научно-технической конференции "Повышение эффективности теплообменных и гидродинамических процессов в текстильной промышленности и производстве химических волокон" /Москва 1985 г./; научных конференциях профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов МТИ 1984; 1985 гг.; заседании кафедры "Отопление, вентиляция и увлажнение" МТИ, 1985 г.; научных конференциях профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников Курского политехнического института 1986, 1987, 1988 гг.; заседании кафедры "Теплогасоснабжение и вентиляция" КПИ, 1989 г.; научном семинаре кафедры "Процессы и аппараты химической технологии" МТИ, 1989 г.; заседании кафедры "Процессы и аппараты химической технологии" МТИ, 1989 г.;

Публикации. По теме диссертации имеется шесть публикаций:

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения; четырех глав, выводов, списка использованных источников и приложений. Она содержит 66 страницы текста, 7 таблиц, 12 рисунков; библиографию из 60 названий и приложения на 45 листах.

В первой главе дан обзор теоретических и экспериментальных исследований процессов теплообмена в аппаратах ВЗП-У. Определена оптимальная скорость движения воздуха в этих аппаратах. Дан анализ применения математического моделирования процессов теплообмена в контактных аппаратах установок кондиционирования воздуха. Поставлены задачи исследования.

Во второй главе приводится разработанная математическая модель, описывающая процессы теплообмена в аппаратах ВЗП-У.

Приводится алгоритм решения на ЭВМ соответствующих дифференциальных уравнений, составляющих эту модель. Предложена методика определения теплотехнических характеристик аппаратов ВЗП-У.

В третьей главе описывается методика проведения эксперимента, основанная на применении методов математического планирования. Анализируются результаты экспериментальных исследований аппарата ВЗП-У. Установлены тепловые, режимно-конструктивные параметры работы аппарата ВЗП-У, хорошо согласующиеся с теоретическими расчетами.

В четвертой главе дано технико-экономическое сравнение аппаратов ВЗП-У с другими контактными аппаратами и уточнены возможные области их применения. Приведена инженерная методика расчета политропного и адиабатного охлаждения воздуха в аппарате ВЗП-У.

В приложениях приводятся: программа расчета на ЭВМ математической модели тепломассообмена в аппарате ВЗП-У, примеры инженерного расчета, акты внедрения и испытаний опытно-промышленного аппарата ВЗП-У диаметром 700 мм и аппарата диаметром 260 мм.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе отмечается, что повышенные требования по экономии энергии, металла и сокращению производственной площади под размещение оборудования СКВ ставят задачу создания новых малогабаритных и высокоэффективных аппаратов. К ним можно отнести циклонно-лентный, вихревой, центробежный тепломассообменный аппараты, малогабаритную оросительную камеру и разработанный в МТИ аппарат ВЗП-У.

Выполненные исследования показали целесообразность применения аппаратов ВЗП-У для тепловлажностной обработки воздуха, в частности, для адиабатного охлаждения воздуха. Аппараты ВЗП-У характеризуются значительной интенсификацией процессов тепломассообмена.

Принцип действия аппарата ВЗП-У заключается в следующем /рис. I/: воздух на обработку поступает в камеру аппарата снизу и сверху через тангенциальные закручиватели, расположенные: нижний - в приосевой части камеры, верхний - в пристенной части. Вследствие этого, в рабочем пространстве образуются два закрученных в одну сторону, но встречно направленных потока: восходящий - в

Принципиальная схема
аппарата ВЗП-У

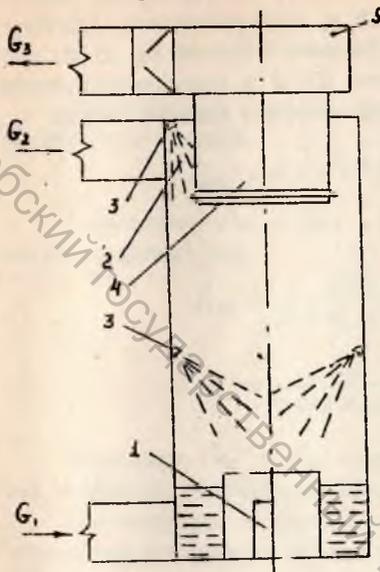


Рис. 1.

- 1 - нижний тангенциальный закручиватель;
- 2 - верхний тангенциальный закручиватель;
- 3 - центробежные форсунки;
- 4 - выхлопной патрубок;
- 5 - раскручиватель.

центральной части камеры и исходящий - в периферийной части. Для обработки воздуха в камеру подается вода, распыляемая центробежными тангенциальными форсунками. Попадая в поле вращающихся воздушных потоков, капли воды увлекаются ими и вступают во взаимодействие с воздухом. Под действием центробежных сил капли воды отбрасываются на вертикальные стенки аппарата и по ним стекают в нижнюю часть камеры. Обработанный воздух выводится из камеры через выхлопной патрубок, расположенный в верхней части аппарата. Для уменьшения аэродинамических потерь на выходе из аппарата установлен раскручиватель. В этой же главе анализируются исследования аппаратов ВЗП-У применительно к адиабатному охлаждению воздуха и осуществлен расчет оптимальной скорости движения воздуха в данных аппаратах, которая равняется $5,5 - 7,0 \text{ кг/м}^2\text{с}$. В работе отмечается, что в последнее время в практике исследования контактных аппаратов успешно стал использоваться метод математического моделирования тепломассообменных

процессов. Такой метод позволяет найти общие закономерности процессов тепломассообмена в контактных аппаратах, обнаружить существующие функциональные связи между тепловыми, гидродинамическими и конструктивными характеристиками и выявить наиболее общий вид зависимостей, представляющих теплотехнические характеристики аппарата. В конце главы поставлены задачи исследования.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям процессов тепломассообмена в аппарате ВЗП-У. В работе предлагается новая математическая модель, описывающая тепломассообмен между возду-

хом и водой в рабочей камере аппарата ВЗП-У. Задача определения теплотехнических характеристик контактных аппаратов / в том числе и аппарата ВЗП-У / сводится к вычислению коэффициентов адiabатной E_a и приведенной политропной a , эффективностей. Для получения зависимостей, связывающих значения величин E_a и a , с конструктивными параметрами аппаратов ВЗП-У и гидродинамическими условиями их работы, был использован алгоритм решения систем уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t}{\partial z} &= A_{1z} (t - t\delta) \\ \frac{\partial t}{\partial \theta} &= A_{1\theta} (t - t\delta) \\ \frac{\partial t}{\partial z} &= A_{1z} (t - t\delta) \end{aligned} \right\} \quad /1/$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial i}{\partial z} &= A_{1z} (i - i_{нас}) \\ \frac{\partial i}{\partial \theta} &= A_{1\theta} (i - i_{нас}) \\ \frac{\partial i}{\partial z} &= A_{1z} (i - i_{нас}) \end{aligned} \right\} \quad /2/$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t\delta}{\partial z} &= A_{2z} (i_{нас} - i) \\ \frac{\partial t\delta}{\partial \theta} &= A_{2\theta} (i_{нас} - i) \\ \frac{\partial t\delta}{\partial z} &= A_{2z} (i_{нас} - i) \end{aligned} \right\} \quad /3/$$

Данные системы уравнений записаны применительно к цилиндрической системе координат, относительно которой удобнее описывать процессы в аппаратах ВЗП.

Граничные условия:

для первичного потока

$$\left. \begin{aligned} z &= 0 \\ \theta &= 0 \\ 0 \leq z \leq z_* \end{aligned} \right\} \quad t = t, \quad i = i,$$

для вторичного потока

$$\left. \begin{array}{l} z = H \\ \theta = 0 \\ z_n < z \leq R \end{array} \right\} t = t_i; i = i,$$

$$z = h; \theta = 0; z = z_i; t = t_i,$$

Вышеуказанные системы уравнений замыкаются нелинейным уравнением 2-го порядка

$$i_{\text{нас}} = a + b t_i + c t_i^2 \quad /4/$$

Показатели A_{1i} и A_{2i} , входящие в системы /1/, /2/ и /3/ имеют следующий вид:

$$A_{1i} = \frac{6Bd}{\rho g c d_{\text{кп}} v_i}; \quad /5/$$

$$A_{2i} = \frac{6d}{\rho g c c_0 d_{\text{кп}} v_{ki}} \quad /6/$$

Выражения A_{1i} и A_{2i} получены из дифференциального уравнения изменения температуры элемента объема среды во времени.

Составляющие скорости воздуха определялись по расчетным зависимостям уточненной модели движения газовой фазы в аппарате ВЗП-У.

Относительная скорость капли воды v_{ki} определялась из уравнения движения единичной капли в рабочей камере аппарата.

Коэффициент теплообмена определялся из выражения:

$$Nu = 2 + 0,49 Re^{0,5} \quad /7/$$

В случае адиабатного режима $i = i_{\text{нас}} = \text{const}$, системы /1/, /2/ и /3/ преобразуются в одну:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial t}{\partial z} = A_{12} (t - t_{\text{н}}) \\ \frac{\partial t}{\partial \theta} = A_{10} (t - t_{\text{н}}) \\ \frac{\partial t}{\partial z} = A_{12} (t - t_{\text{н}}) \end{array} \right\} \quad /8/$$

Алгоритм решения систем /1/, /2/, /3/ и /8/ был реализован на ЭВМ.

В этой же главе приведена методика определения теплотехнических характеристик аппаратов ВЗП-У.

В третьей главе приводится методика проведения эксперимента и его результаты. Испытания проводились на модели аппарата ВЗП-У диаметром 260 мм. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 2. Испытания проводились на основе применения методов математического планирования эксперимента. В опытах исследовались адиабатный процесс и процессы охлаждения с увлажнением воздуха с понижением и повышением его энтальпии, а также охлаждение и осушение воздуха.

Были выбраны семь факторов, характеризующих работу аппарата. Их значения поддерживались на двух уровнях:

x_1 - коэффициент орошения $B = 0,4 - 1,3$;

x_2 - массовая скорость воздуха $v_p = 5,0 - 6,5$ кг/(м²с) ;

x_3 - отношение расхода воздуха по вводам $\epsilon = G_2/G_3 = 0,4 - 0,6$;

x_4 - отношение расходов воды $\epsilon_g = G_{2g}/G_{3g} = 0 - 0,5$;

x_5 - угол наклона форсунок $\alpha_p = 20^\circ - 50^\circ$;

x_6 - отношение высоты рабочей камеры к диаметру аппарата

$$H/D_{\text{ан}} = 2,2 - 3,4 ;$$

x_7 - отношение высоты расположения форсунок на боковой поверхности аппарата к его диаметру $H/D_{\text{ан}} = 0,9 - 1,36$.

Использовался дробный факторный план типа 2⁷⁻³. При обработке опытных данных выходными параметрами являлись:

- коэффициент адиабатной эффективности

$$E_a = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_{\text{н}}} \quad /9/$$

- приведенный коэффициент политропной эффективности

$$a_1 = \frac{E_a \delta (i_1 - i_2)}{t_2 - t_1 + E_a (t_1 - t_{\text{н}}) + \delta (i_1 - i_2)} \quad /10/$$

При обработке результатов эксперимента годными считались опыты, в которых расхождение тепловых балансов по воздуху и воде не превышало 10%.

После вычисления и проверки коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента /с 95% доверительной вероятностью/ и отброса незначимых членов, а также дополнительной проверки уравнений на адекватность по критерию Фишера были получены следующие завис-

Принципиальная схема экспериментальной установки

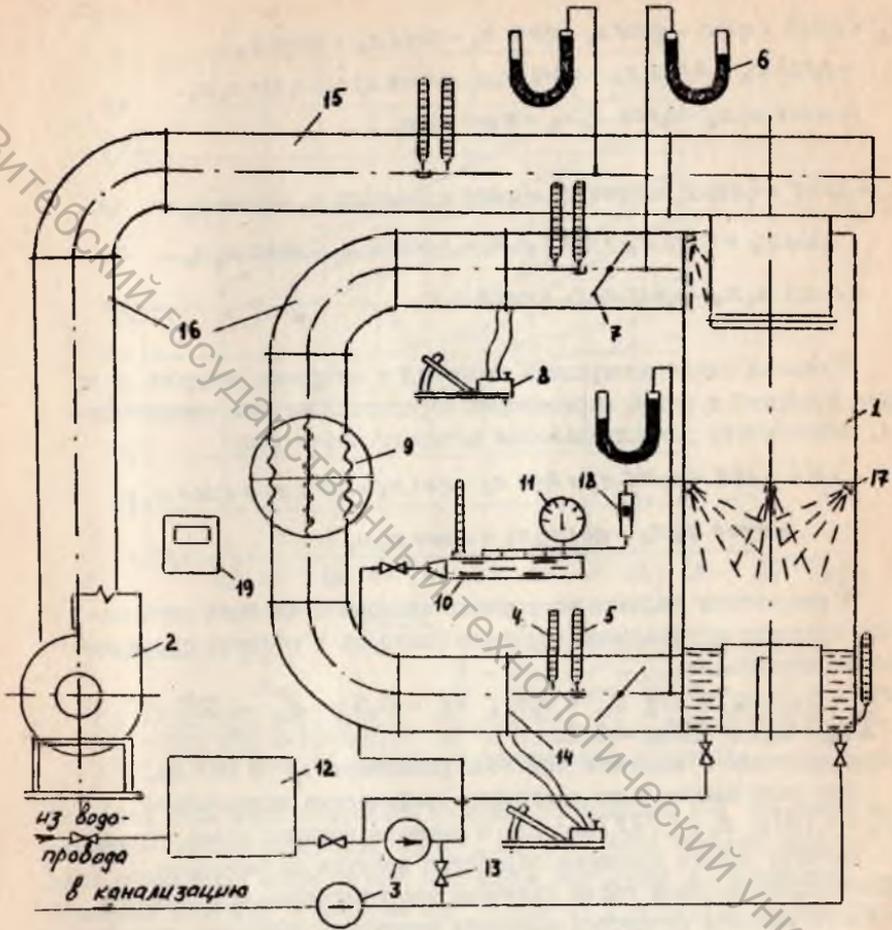


Рис. 2.

1 - аппарат ВЗП-У; 2 - вентилятор; 3 - центробежный насос; 4 - сухой термометр; 5 - мокрый термометр; 6 - U-образный манометр; 7 - регулирующая заслонка; 8 - микроманометр типа ММН; 9 - электронагреватель; 10 - коллектор для равномерного распределения воды; 11 - дифманометр; 12 - бак для холодной воды; 13 - вентиль; 14 - мерная диафрагма; 15 - воздуховод из оргстекла; 16 - воздуховод из листовой стали; 17 - центробежные форсунки; 18 - ротаметр; 19 - регулятор напряжения

мости в кодированных значениях факторов:

$$E_a = 0,467 + 0,1 x_1 + 0,031 x_2 + 0,017 x_3 + 0,026 x_4 + 0,009 x_5 - \\ - 0,031 x_6 + 0,009 x_7 + 0,018 x_1 x_2 + 0,019 x_1 x_3 - 0,027 x_2 x_6 - \\ - 0,019 x_1 x_6 - 0,008 x_2 x_3 + 0,019 x_6 x_7 \quad /III/$$

$$a_1 = 0,275 + 0,046 x_1 + 0,014 x_2 + 0,004 x_3 + 0,023 x_4 + 0,014 x_5 - \\ - 0,011 x_6 + 0,018 x_7 + 0,013 x_1 x_2 + 0,007 x_1 x_3 - 0,012 x_3 x_6 - \\ - 0,023 x_2 x_6 - 0,012 x_2 x_3 + 0,008 x_6 x_7 \quad /IV/$$

В опытах также измерялись давления и скорости воздуха до и после аппарата с целью определения аэродинамического сопротивления, зависимость для определения которого имеет вид:

$$\Delta p = 0,687 + 0,125 x_2 + 0,02 x_3 - 0,01 x_5 + 0,013 x_6 + 0,004 x_7 + \\ + 0,004 x_2 x_6 - 0,01 x_2 x_7 - 0,007 x_3 x_5 \quad /V/$$

В результате анализа полученных зависимостей были установлены следующие оптимальные значения факторов в области проведенного эксперимента:

$$v_p = 6,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}); \quad \varepsilon = 0,6; \quad \varepsilon_8 = 0,5; \quad \alpha_p^\circ = 50^\circ; \\ h/D_{an} = 2,2; \quad h/D_{an} = 0,9.$$

Потери давления в аппарате при этом равнялись $\Delta p = 804 \text{ Па}$.

При этих данных были построены графические зависимости $E_a = f_1(B)$ и $a_1 = f_2(B)$ /рис. 3/, с помощью которых можно выполнять расчеты любого процесса обработки воздуха по методике ВНИИкондиционер. Были также получены теоретические зависимости при более высоких скоростях движения воздуха в аппарате, которые хорошо согласовались с экспериментальными данными.

В этой же главе приводится методика экспериментального определения истинной поверхности контакта фаз /ПКФ/ и коэффициентов теплообмена химическим методом. Сущность метода заключается в определении характеристик массопереноса при абсорбции, сопровождаемой химической реакцией /хемосорбцией/ и установлении связи этих характеристик с кинетикой протекающей химической реакции.

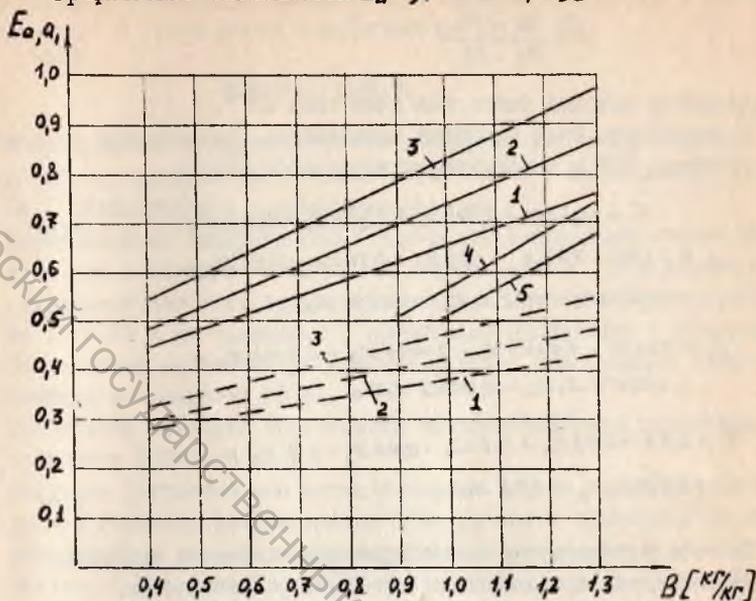
Графические зависимости $E_a = f_1(B)$ и $a_1 = f_2(B)$ 

Рис. 3.

————— E_a
 - - - - - a_1

1 - при $v_{\text{в}} = 6,5$ кг/(м ² с)	4 - ОКФ КТЦ 2-10 исп. 1.	$d_e = 9$ мм; $v_{\text{в}} = 3,2$ кг/(м ² с)
2 - при $v_{\text{в}} = 8,0$ " "	5 - ОКФ КТЦ 2-10 исп. 2.	$d_e = 9$ мм; $v_{\text{в}} = 3,2$ кг/(м ² с)
3 - при $v_{\text{в}} = 9,4$ " "	2 и 3 получены на основе теоретических расчетов	

Для этой цели использовалась реакция поглощения CO_2 из смеси с воздухом водным раствором NaOH . Исследовался процесс политропного охлаждения воздуха при понижении энтальпии и увлажнении. Объемная доля CO_2 в воздухе изменялась от 1,4 до 1,8%, щелочи в растворе - от 1,9 до 2,7 кмоль/м³.

Опыты проводились и обрабатывались с применением методов математического планирования. Были выбраны четыре фактора:

X_1 - коэффициент орошения $B = 0,6 - 1,2$;

X_2 - массовая скорость воздуха $v_{\text{в}} = 5,24 - 6,2$ кг/(м²с);

X_3 - отношение расходов воздуха $\epsilon = 0,4 - 0,6$;

X_4 - параметр $\bar{p} = 0,8 - 1,2$, характеризующий влияние начальных параметров воздуха и воды на процесс теплообмена

$$\bar{P} = \frac{P_{n_1} - P_{n_2}}{P_{n_1} - P_{n_2}} \quad /14/$$

Использовался дробный факторный план типа 2^{4-1} .

В результате были получены зависимости, позволяющие определять истинные ПКФ и коэффициенты теплообмена:

$$F = 10,664 + 4,913 x_1 + 1,228 x_2 + 0,501 x_3 \quad /15/$$

$$\alpha = 21,49 - 7,23 x_1 - 1,28 x_2 - 0,27 x_3 + 0,91 x_4 + 2,21 x_1 x_2 - 0,72 x_2 x_4 + 0,71 x_1 x_4 \quad /16/$$

$$\beta = 0,0231 - 0,0089 x_1 - 0,0033 x_3 + 0,0166 x_4 + 0,0057 x_1 x_2 - 0,0048 x_1 x_4 \quad /17/$$

$$\sigma = 8,67 - 2,73 x_1 + 0,6 x_2 - 0,46 x_3 - 2,6 x_4 + 0,49 x_1 x_2 + 1,01 x_1 x_4 \quad /18/$$

По этим зависимостям можно производить расчет процессов обработки воздуха при понижении энтальпии и увлажнении.

В конце главы приводятся сведения по применению аппарата в качестве смесителя и увлажнителя воздуха.

В четвертой главе дается технико-экономическая оценка аппаратов ВЗП-У в сравнении с другими видами контактных аппаратов, предназначенных для тепловлажностной обработки воздуха. По энергозатратам аппараты ВЗП-У уступают лишь форсуночной камере ОКФ и вихревому аппарату, но выигрывает у них в эффективности процессов. По величине активного объема, отнесенного к производительности аппарата по воздуху, аппараты ВЗП-У уступают центробежно-теплообменному ЦТА, вихревому ВА и циклонно-пенному ЦПА аппаратам. По величине аэродинамического сопротивления аппараты ВЗП-У уступают лишь камере орошения. Таким образом, разработанные аппараты ВЗП-У являются вполне конкурентоспособными при сравнении их с другими видами контактных аппаратов. Аппараты ВЗП-У, по видимому, целесообразно применять для локального кондиционирования воздуха, а также в случаях предъявления жестких требований к компактности оборудования установок кондиционирования воздуха, уменьшению их металлоемкости. Целесообразно применение этих аппаратов и в качестве утилизаторов теплоты в котельных и после сушилок.

В этой же главе приводятся методики расчета адиабатного и политропного охлаждения воздуха по коэффициентам тепло- и массо-переноса и с применением коэффициентов E_a и a_1 .

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработанный аппарат ВЗП-У обеспечивает высокоэффективную обработку воздуха как в адиабатном, так и в политропном режиме с охлаждением и увлажнением воздуха.
2. Использование аппарата ВЗП-У для целей кондиционирования воздуха при охлаждении и осушке нецелесообразно. Проведенные исследования для этих процессов показали снижение эффективности на 15 - 20 % по сравнению с процессами охлаждения и увлажнения.
3. Разработана новая математическая модель, описывающая тепломассообмен в аппаратах ВЗП-У.
4. Предложена методика определения теплотехнических характеристик аппаратов ВЗП-У.
5. Получены регрессионные математические модели, позволяющие определять величину коэффициентов эффективности процессов обработки воздуха E_a и a_1 , величину аэродинамического сопротивления аппарата, а также истинную ЛКФ и коэффициенты тепломассообмена.
6. Техничко-экономическое сравнение аппаратов ВЗП-У с другими видами контактных аппаратов, такими как ЦПА, ЦТА, ВА и другими, показало, что по энергозатратам аппараты ВЗП-У уступают лишь двухрядной форсуночной камере и вихревому аппарату.
7. Предложена инженерная методика расчета аппарата ВЗП-У.
8. Аппараты ВЗП-У целесообразно применять для локального кондиционирования воздуха, в случаях предъявления жестких требований к компактности оборудования установок кондиционирования воздуха а также в качестве утилизаторов теплоты.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ ПЕЧАТНЫХ РАБОТАХ

1. В.С.Омельчук, И.А.Тимонов. Экспериментальное исследование полупромышленного увлажнителя со встречными закрученными потоками. - В кн. Повышение эффективности тепломассообменных и гидродинамических процессов в текстильной промышленности и производстве химических волокон: Межвузовский сборник научных трудов.

Витбского технического
института легкой промышленности.

Изд. № _____

Москва, МТИ, 1983, с.116-118.

2. В.С.Омельчук, И.А.Тимонов. Испытания опытно-промышленного аппарата со встречными закрученными потоками при обработке воздуха холодной водой. - /Рукопись деп. в ЦЕНТИ 29 апреля 1986 г. № 108 жк- Д86/.
3. В.С.Омельчук, И.А.Тимонов. Обработка воздуха холодной водой в аппарате со встречными закрученными потоками. - В кн. Системы создания микроклимата промышленных зданий: Сборник научных трудов. Иркутск, ИИП, 1985, с.65-70.
4. В.С.Омельчук, И.А.Тимонов, З.И.Джохадзе. Определение поверхности контакта фаз и коэффициентов теплообмена в увлажнителе со встречными закрученными потоками. - В кн. Теплогазоснабжение и вентиляция: Сборник научных трудов. Тбилиси, ГПИ, 1987, № 10, с.66-70.
5. В.С.Омельчук, И.А.Тимонов. Теоретические исследования процессов теплообмена в аппаратах-увлажнителях со встречными закрученными потоками. - В ж. Известия Вузов. Строительство и архитектура: Новосибирск, 1987, № 8, с.90-94.
6. И.А.Тимонов, В.С.Омельчук. Использование химического метода при исследовании процесса охлаждения воздуха в аппарате-увлажнителе со встречными закрученными потоками. - В ж. Известия Вузов. Технология текстильной промышленности: Иваново, 1988, № 4, с.82-85.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

R - радиус аппарата, м; r_n - радиус границы раздела потоков, м;
 G - массовый расход, кг/ч; d_k - диаметр капли, м; t - температура по сухому термометру, °С; t_m - температура по мокрому термометру, °С; i - энтальпия воздуха, кДж/кг; $i_{нас}$ - энтальпия насыщенного влагой воздуха, кДж/кг; v - скорость воздуха, м/с; v_k - скорость капли, м/с; ρ - плотность, кг/м³; α - коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²°С); β - коэффициент массоотдачи, м/с; β - коэффициент полного теплообмена, Вт/[м² (кДж/кг)]; F - поверхность контакта фаз, м²; Nu - термический критерий Нуссельта; Re - критерий Рейнольдса; ν - коэффициент, (кг⁰С/кгДж); P_n - давление насыщения водяных паров при начальной температуре воздуха, мм.рт.ст.; P_n - начальное парциальное давление водяных паров в воздухе, мм.рт.ст.; P_s - давление насыщения водяных паров при начальной температуре воды, мм.рт.ст.

ИНДЕКСЫ

в - вода; к - капля; з - осевая; r - радиальная; θ - тангенциальная; 1 - первичный поток; 2 - вторичный поток; 3 - суммарный поток.