Госстрой СССР
Государственный проектный, конструкторский
и научно-исследовательский институт
САНТЕХНИИПРОЕКТ

Руководящий материал
по центральным кондиционерам
ЧАСТЬ П

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО РАСЧЕТУ И ВЫБОРУ ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ КТЦЗ

АЗ - 977

Альбом I

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАМЕР ОРОШЕНИЯ

Москва 1989

gost.e-ecolog.ru

© Государственный проектно-конструкторский и
научно-исследовательский институт СантехНИИпроект
Главного управления организации проектирования
Госстроя СССР
(СантехНИИпроект), 1989

Госстрой СССР
Государственный проектный, конструкторский
и научно-исследовательский институт
САНТЕХНИИПРОЕКТ

Руководящий материал
по центральным кондиционерам
ЧАСТЬ II

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО РАСЧЕТУ И ВЫБОРУ ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ КТЦЗ

АЗ - 977

Альбом I

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАМЕР ОРОШЕНИЯ

Москва 1989

Руководящий материал по центральным кондиционерам КТЦЗ предназначен для проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха, выбора кондиционера и может использоваться в работе проектных, учебных, научно-исследовательских, планирующих, сбытовых, монтажных и наладочных организаций.

Материал состоит из двух частей:

Часть I. Технические характеристики и конструктивные особенности оборудования центральных кондиционеров и кондиционеров-теплоутилизаторов КТЦЗ.

Часть II. Методические материалы по расчету и выбору оборудования центральных кондиционеров КТЦЗ.

В разработке части I принимали участие Харьковский завод "Кондиционер", ВНИИкондиционер, ЦНИИпромзданий, ЦНИИЭП инженерного оборудования, ГПИ Проектпромвентиляция.

Часть II разработана ВНИИкондиционером, ГПКНИИ СантехНИИпроект и заводом "Кондиционер". Часть II выпускается в виде трех альбомов.

Альбом I. Методика расчета камер орошения.

Альбом 2. Методика расчета воздухонагревателей.

Альбом 3. Методика расчета воздухоохладителей.

Часть II распространяется ГПКНИИ СантехНИИпроект (I05203, Москва, Нижняя Первомайская, 46) и ВНИИкондиционер (3I08I8, Харьков, Московский проспект, 257).

Часть I распространяется Харьковским заводом "Кондиционер" (3I0044, Харьков, Московский проспект,257).

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Введение 7

I. Условные обозначения ..... IO

2. Методика расчета камер орошения II

3. Гидравлические характеристики камер орошения 24

4. Расчет камер орошения

4.I. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки воздуха ($2^{o}C \leq t_{ж.н} \leq 30^{o}C$; $-5^{o}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{o}C$). Прямая задача. Расчет выполняется по методике II 25

4.2. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки воздуха ($2^{o}C \leq t_{ж.н} \leq 30^{o}C$; $-5^{o}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{o}C$). Обратная задача. Расчет выполняется по методике I 26

4.3. Расчет камеры орошения при адиабатном режиме обработки воздуха ($2^{o}C \leq t_{ж.н} \leq 30^{o}C$; $-5^{o}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{o}C$). Прямая задача. Расчет выполняется по методике I 28

4.4. Расчет камеры орошения при адиабатном режиме обработки воздуха ($2^{o}C \leq t_{ж.н} \leq 30^{o}C$; $-5^{o}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{o}C$). Обратная задача. Расчет выполняется по методике I 28

4.5. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки холодного воздуха теплой водой (испарительный нагрев) ($2^{o}C \leq t_{ж.н} \leq 50^{o}C$; $-27^{o}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{o}C$). Прямая задача. Расчет выполняется по методике II 29

4.6. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки холодного воздуха теплой водой (испарительный нагрев) ($2^{o}C \leq t_{ж.н} \leq 50^{o}C$; $-27^{o}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{o}C$). Обратная задача. Расчет выполняется по методике II... 3I

5. Примеры расчета 32

Приложение I

Рисунок 2.I. Зависимость $q_{ф}(\Delta P_{ф})$ для форсунки ЭШФ 7/I0 35

Рисунок 2.2. Зависимость $q_{ф}(\Delta P_{ф})$ для форсунки УЦ4- - I0/I5 36

Рисунок 2.3. Зависимость $E_{п}(M)$ и $E_{А}(M)$ для двухрядных камер орошения ОКФ-3 (исполнение I и 2)...37

Рисунок 2.4. Зависимость $E_{п}(M)$ и $E_{А}(M)$ для однорядных прямоточных камер орошения ОКФ-3 (исполнение I и 2) 38

Рисунок 2.5. Зависимость $E_{п}(M)$ и $E_{А}(M)$ для однорядных противоточных камер орошения ОКФ-3 (исполнение I) 39

Рисунок 2.6. Зависимость $E_{п}(M)$ и $E_{А}(M)$ для блоков тепломассообмена БТМ2.I-3 и БТМ2.2-3 40

Рисунок 2.7. Зависимость $E_{п}(M)$ и $E_{А}(M)$ для камер орошения ОКС-3 (исполнение I и 2) 4I

Рисунок 3.I. Зависимость $\Delta P_{ж}$ ($G_{ж}$) для двухрядных камер орошения ОКФ-3 42

Рисунок 3.2. Зависимость $\Delta P_{ж}$ ($G_{ж}$) для однорядных прямоточных камер орошения ОКФ-3 и блока тепломассообмена БТМ-3 43

Рисунок 3.3. Зависимость $\Delta P_{ж}$ ($G_{ж}$) для однорядных противоточных камер орошения ОКФ-3 44

Рисунок 3.4. Зависимость $\Delta P_{ж}$ ($G_{ж}$) для камер орошения ОКС-3 45

Рисунок 4.I. Зависимость q ($G_{ж}$) для встроенного водонагревателя камер орошения ОКС2-3 46

Рисунок 4.2. Зависимость ΔP_{*} ($G_{б}$) для встроенного водонагревателя камер орошения ОКС2-3 47

Приложение 2 48

Пример I. Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.I) в СИ..48

Пример 2. Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II(раздел 4.I) в системе МКГСС 49

Пример 3. Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II (разделы 4.I, 4.7) в системе МКГСС 50

Пример 4. Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.I) в системе МКГСС..... 52

Пример 5. Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.I) в системе МКГСС 53

Пример 6. Политропный режим обработки воздуха. Обратная задача. Расчет по методике I (раздел 4.2) в системе МКГСС 54

Пример 7. Политропный режим обработки воздуха. Обратная задача. Расчет по методике I (разделы 4.2, 4.7) в системе МКГСС 56

Пример 8. Адиабатный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике I (раздел 4.3) в СИ.57

Пример 9. Адиабатный режим обработки воздуха с переменным расходом разбрызгиваемой воды. Прямая задача. Расчет по методике I (раздел 4.3) в системе МКГСС.... 58

Пример IO. Адиабатный режим обработки воздуха. Обратная задача. Расчет по методике I (раздел 4.4) в системе МКГСС 60

Пример II. Политропный режим обработки холодного воздуха теплой водой (испарительный нагрев). Прямая задача. Расчет по методике II(разделы 4.5, 4.7) в системе МКГСС 61

Пример I2. Политропный режим обработки холодного воздуха теплой водой (испарительный нагрев). Обратная задача. Расчет по методике II(раздел 4.6) в СИ 63

Пример I3. Охлаждение воды в камере орошения (политропный режим обработки воздуха). Обратная задача. Расчет по методике I (раздел 4.2) в СИ 65

Пример I4. Охлаждение воды в камере орошения (политропный режим обработки воздуха). Обратная задача. Расчет по методике I (раздел 4.2) в СИ 68

Список литературы.....70

В В Е Д Е Н И Е

В данном альбоме представлена методика и примеры расчета контактных аппаратов – камер орошения ОКФ-3, ОКС-3 и оросительной системы блока тепломассообмена БТМ-3, которыми в зависимости от базовых схем комплектуются кондиционеры КТЦЗ [10].

Камеры орошения ОКФ-3. Камеры оснащены эксцентриситетными широкофакельными форсунками ЭШФ 7/10 (диаметр входного отверстия 7 мм, соплового отверстия – 10 мм) с равномерным распределением воды по окружности распыла (разработка ЦНИИЭП инженерного оборудования). Камеры, оросительная система которых состоит из двух рядов стояков, изготавливаются в двух исполнениях. В камере орошения исполнения I первый ряд по ходу воздуха имеет большую плотность установки форсунок, второй – меньшую. В камере исполнения 2 форсунки устанавливаются с одинаковой плотностью в каждом ряду, равной плотности форсунок первого ряда камеры орошения исполнения I.

Конструкция камер позволяет предусматривать подачу воды в один или два ряда стояков:

в первый по ходу воздуха ряд (далее – однорядные прямоточные камеры ОКФ);

во второй по ходу воздуха ряд (далее – однорядные противоточные камеры ОКФ);

в два ряда (далее – двухрядные камеры ОКФ).

Камеры орошения ОКФ-3 могут быть использованы для реализации как адиабатных, так и политропных процессов обработки воздуха.

Камеры орошения ОКС. Камеры имеют оросительную систему, состоящую из горизонтального коллектора с высокорасходными форсунками УЦ14-10/15 (размер входного сечения 10 х 15 мм, диаметр соплового

отверстия I4 мм), расположенного в верхней части камеры и двух ярусов сеток, улучшающих теплотехнические характеристики камер за счет вторичного дробления капель орошаемой воды. Камеры изготавливаются в двух исполнениях, отличающихся друг от друга плотностью установки форсунок (камеры исполнения I имеют меньшую плотность, исполнения 2 - большую), и двух модификациях - ОКСI-3 и ОКС2-3. Камера ОКС2-3 отличается от ОКСI-3 наличием в ее конструкции встроенного, орошаемого рециркуляционной водой водонагревателя (водожидкостного теплообменника). Камеры ОКС могут быть применены для реализации как адиабатных, так и политропных процессов обработки воздуха. Функциональные возможности камер орошения ОКС существенно расширены. В частности, они могут использоваться для осуществления испарительного нагрева воздуха (нагрев и увлажнение теплой водой воздуха с отрицательной температурой), так как конструкция камеры без входного сепаратора исключает образование наледи в таком режиме обработки воздуха. Указанное позволяет шире использовать вторичные энергоресурсы для нагрева воздуха в системах вентиляции и кондиционирования.

Блоки тепломассообмена БТМ. Блоки изготавливаются в двух вариантах: БТМ2.I-3 - с насосом и обвязкой оросительной системы; БТМ2.2-3 - без насоса и обвязки оросительной системы. Блоки тепломассообмена включают теплообменники, используемые для реализации политропных процессов, и оросительную систему - для адиабатных процессов. Оросительная система состоит из одного ряда стояков с широкофакельными форсунками ЭШФ 7/I0. Количество установленных форсунок соответствует количеству форсунок одного ряда камеры орошения ОКФ-3 исполнения 2.

Приведенная методика расчета камер орошения и блока тепломассообмена позволяет рассчитать любые разновидности адиабатных и политропных процессов обработки воздуха.

Методика базируется на экспериментальных и теоретических исследованиях, проведенных во ВНИИкондиционере [2]-[9].

Настоящие методические материалы являются обязательным руководством по выбору и расчету тепломассообменного оборудования центральных кондиционеров КТЦЗ при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха и предназначены для учебных, научно-исследовательских организаций, а также для широкого круга инженерно-технических работников, занимающихся исследованием, проектированием, наладкой, монтажом и эксплуатацией систем вентиляции и кондиционирования.

Для расчета и подбора всех видов тепломассообменного оборудования центральных кондиционеров КТЦЗ разрабатываются фортран-программы для машин серии ЕС и ряда персональных ЭВМ. Указанные программы могут быть переданы заинтересованным организациям после заключения договоров с ВНИИкондиционером на их передачу.

ВНИИкондиционер и ГПКНИИ СантехНИИпроект по договорам выполняют также все виды расчетов по выбору тепломассообменного оборудования центральных кондиционеров КТЦЗ.

В подготовке настоящих материалов принимали участие следующие организации и исполнители:

ВНИИкондиционер Минстройдормаша СССР - Б.И.Бялый, А.В.Степанов, Г.С.Куликов, И.Ф.Юхно, И.В.Соин, Н.Ф.Коссовский;

харьковский завод "Кондиционер" Минстройдормаша СССР - Н.И.Загривый, О.П.Шмигуль;

ГПКНИИ СантехНИИпроект Госстроя СССР - С.М.Финкельштейн, Т.И.Садовская, В.М.Рубчинский, И.Л.Нейман.

Замечания и предложения просим направлять по адресу: 105203, Москва, Нижняя Первомайская ул., д.46, ГПКНИИ СантехНИИпроект .

I. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I.I. Методика расчета и примеры расчета камер орошения выполнены в единицах СИ и в системе МКГСС.

Значения в единицах системы МКГСС указаны в скобках.

I.2. Принятые условные обозначения:

C – удельная теплоемкость среды, кДж(кг·°С)[ккал/(кг·°С)]

d – влагосодержание воздуха, г/кг;

L – объемный расход воздуха, $м^3$/ч;

G – массовый расход среды, кг/ч;

Q – расход теплоты, холода (тепловой поток)*, кВт (ккал/ч);

t – температура среды, °С;

φ – относительная влажность воздуха, %;

i – энтальпия воздуха, кДж/кг (ккал/кг);

$i_{в.нас}$ – энтальпия насыщенного воздуха при начальной температуре жидкости, кДж/кг (ккал/кг);

i_c – середина диапазона аппроксимации кривой насыщения φ = 100%, кДж/кг (ккал/кг);

$\overline{\Delta i_0}$ – приведенный энтальпийный напор, кДж/кг(ккал/кг);

$E_п$ – приведенный коэффициент энтальпийной эффективности;

E_A – коэффициент адиабатной эффективности;

α – корректирующий коэффициент, кг/кДж (кг/ккал);

β – корректирующий коэффициент, кг/кДж (кг/ккал);

b – коэффициент аппроксимации, кг·°С/кДж(кг·°С/ккал);

A_1, A_2, C – коэффициенты аппроксимации;

M – коэффициент орошения;

n – количество форсунок, шт.;

ΔP – потери давления, кПа (кгс/$см^2$);

θ – относительный перепад температур (температурный критерий);

g – расходный коэффициент, т/ч.

* В расчетах расход теплоты принимается со знаком "+", расход холода – со знаком "–".

I.3. Принятые индексы:

б – водонагреватель (бойлер); Б – барометрический; В – воздух; ж – жидкость; к – конечный; мин – минимальный; н – начальный; нас – насыщенный; ном – номинальный; м – мокрый; п – помещение; пр – предельный; р – расчетный, росы точка; с – середина; ф – форсунка; фр – фронтальный; х – холод.

I.4. Перевод применяемых физических величин из системы МГКСС в СИ:

энтальпия I ккал/кг = 4,I87 кДж/кг;

теплоемкость I ккал/(кг·°С) = 4,I87 кДж/(кг·°С);

расход теплоты, холода (тепловой поток) I ккал/ч = I,I63 Вт;

давление I кгс/м^2 = 9,8I Па.

I.5. Соотношение применяемых физических величин с единицами СИ:

тепловой поток I кВт = 3,6 · I0^{-3} ГДж/ч;

расход теплоты, холода I кДж = I кВт.с.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАМЕР ОРОШЕНИЯ

2.I. Эффективность тепломассообмена в контактных аппаратах зависит от конструктивных характеристик камер орошения, температурных и гидродинамических условий обработки воздуха.

Для расчета камер орошения и блоков тепломассообмена (далее камеры орошения) при адиабатных и политропных процессах обработки воздуха в диапазоне температур разбрызгиваемой воды $2^{\circ}C \leq t_{ж.н} \leq 30^{\circ}C$ разработана методика (далее методика I), основными расчетными уравнениями которой являются:

$$\Delta i = E_п \Delta \bar{i}_0 ; \qquad (2.1)$$

$$\Delta t = E_A (t_{ж.н} - t_{в.н}) + в (1 - \frac{E_A}{E_п}) \Delta i, \qquad (2.2)$$

где $$\Delta i = i_{в.к} - i_{в.н} ; \qquad (2.3)$$

$$\Delta t = t_{в.к} - t_{в.н} ; \qquad (2.4)$$

$$\Delta \bar{i}_0 = (i_{в.нас} - i_{в.н})[1 + \alpha (i_{в.нас} - i_{в.н}) + \beta (i_{в.нас} - i_c)] \qquad (2.5).$$

2.I.I. Уравнения (2.I) и (2.2) представляют собой теплотехнические характеристики камер орошения, так как устанавливают взаимосвязь между начальными и конечными состояниями воздуха и воды при политропных режимах обработки.

Изменение энтальпии обрабатываемого воздуха в контактных аппаратах описывается уравнением (2.I). Как видно из этого выражения, конечное значение энтальпии определяется величинами приведенного коэффициента энтальпийной эффективности $E_п$ и приведенного энтальпийного напора $\Delta \bar{i}_0$. Величина $E_п$ представляет собой отношение изменения энтальпии обрабатываемого воздуха Δi к начальному энтальпийному напору ($\Delta i_0 = i_{в.нас} - i_{в.н}$) при линейной аппроксимации кривой насыщенного воздуха $\varphi = 100\%$.

Нелинейность кривой насыщения и количественное влияние ее на величину изменения энтальпии обрабатываемого воздуха учитывается формой и структурой уравнения для приведенного энтальпийного напора $\Delta \bar{i}_0$.
Изменение температуры воздуха по сухому термометру в контактных аппаратах описывается уравнением (2.2).

Первое слагаемое уравнения определяется величиной коэффициента адиабатной эффективности E_A и начальным температурным напором ($\Delta t_н = t_{ж.н} - t_{в.н}$) и характеризует протекание процессов тепломассопереноса при постоянной температуре поверхности контакта, равной первоначальной температуре воды $t_{ж.н}$.

В идеально протекающем адиабатном процессе($\Delta i = 0$) величина $E_A \Delta t_н$ представляет собой изменение темпе-

ратуры воздуха в контактном аппарате. В политропном процессе, наряду с изменением термодинамических параметров воздуха, происходит изменение температуры воды (температуры поверхности контакта), что приводит к снижению темпа изменения температуры обрабатываемого воздуха. Именно это обстоятельство учитывается вторым слагаемым уравнения (2.2), величина которого зависит от величины энтальпийного напора $\Delta\bar{\iota}_o$, конструктивных характеристик камеры орошения и гидродинамических условий обработки воздуха. Корректирующее значение второго слагаемого оказывается тем больше, чем в большей мере изменяется температура воды в контактном пространстве.

2.I.2. Зависимости (2.I), (2.2) справедливы в широком диапазоне начальных температур воды ($2^{o}C \leq t_{ж.н} \leq 30^{o}C$), воздуха по мокрому термометру ($-5^{o}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{o}C$) и в интервалах коэффициентов орошения $M \leq 1{,}6$ для БТМЗ, $M \leq 2{,}5$ для ОКФ-3 и $M \leq 3$ для ОКС-3.

Для указанного интервала температур значения корректирующих коэффициентов α, β, ε, а также величина i_c в формулах (2.5), (2.2) приведены в табл. 2.I.

Таблица 2.I

Коэффициенты α, β, ϵ, i_c

Коэффициент	Единица измерения	Числовое значение
α	кг/кДж кг/ккал	0,000716 0,003
β	кг/кДж кг/ккал	-0,00351 -0,0147
ϵ	кг°С/кДж кг°С/ккал	0,33 1,38
i_c	кДж/кг ккал/кг	54 12,9

2.I.3. Величины коэффициентов $E_П$ и E_A в формулах (2.I),(2.2), характеризующие эффективность обработки воздуха в камерах орошения, зависят лишь от конструктивных характеристик камер орошения и гидродинамических условий обработки воздуха. Между указанными коэффициентами существует функциональная взаимосвязь, которая в общем виде для камер орошения может быть представлена уравнением

$$E_П = \frac{1-\exp[\varphi \ln(1-E_A)]}{\varphi}, \qquad (2.6)$$

где $\varphi = (1 + \frac{0,725}{\mu})\left\{1 + C\left[-\ell_n(1-E_A)\right]^{-0,858}\right\}$. (2.7)

С достаточной для инженерных расчетов точностью величина E_A может быть определена по аппроксимирующей зависимости

$$E_A = 1 - \exp(-0,15 - A_1 \mu^{\alpha_1}). \qquad (2.8)$$

Коэффициенты аппроксимации A_1, α_1, C, входящие в зависимости (2.6), (2.7) и (2.8), для различных камер орошения кондиционеров КТЦЗ приведены в табл.2.2.

Коэффициенты A_I, α_I, C

Таблица 2.2

Производительность по воздуху, тыс.м³/ч	Тип оборудования	Исполнение	Коэффициент		
			A_I	α_I	C
Двухрядные камеры орошения ОКФ-3					
10; 20	ОКФ-3	2	0,503	1,91	0,387
20	ОКФ-3	1	0,611	1,96	0,387
63-160; 250	ОКФ-3	2			
10; 63-160; 250	ОКФ-3	1	0,655	2,02	0,387
31,5; 40; 200	ОКФ-3	2			
31,5; 40; 200	ОКФ-3	1	0,716	2,07	0,387
Однорядные прямоточные камеры орошения ОКФ-3 (второй по ходу воздуха стояк отключен)					
10; 20	ОКФ-3	1,2	0,619	2,44	0,387
30-80	ОКФ-3	1,2	1,09	2,44	0,387
120-250	ОКФ-3	1,2	1,44	2,44	0,387
Однорядные противоточные камеры орошения ОКФ-3 (первый по ходу воздуха стояк отключен)					
10	ОКФ-3	1	2,18	1,8	0,387
20;31,5;40;200	ОКФ-3	1	1,6	1,8	0,387
63;80;125;160;250	ОКФ-3	1	1,47	1,8	0,387
10-250	ОКФ-3	2	1,25	1,77	0,387
Блоки тепломассообмена					
10-250	БТМ.1-3 БТМ.2-3	-	1,25	1,77	0,387
Камеры орошения ОКС					
31,5-80	ОКС1-3	1	0,525	2,29	0,177
31,5-80	ОКС1-3	2	0,426	2,29	0,177
31,5-80	ОКС2-3	1	0,406	2,19	0,177
31,5-80	ОКС2-3	2	0,329	2,19	0,177

2.2. Для расчета камер орошения при адиабатных и политропных процессах обработки воздуха в более широком интервале температур разбрызгиваемой воды ($2^{\circ}C \leq t_{ж.н} \leq 50^{\circ}C$) и температур воздуха по мокрому термометру ($-27^{*} \leq t_{м.в.н} \leq 30^{\circ}C$) разработана методика II. Согласно этой методике, процесс тепловлажностной обработки рассматривается как результат смешения необработанной и идеально обработанной частей воздушного потока. Из такого представления вытекают предложенные в работе [I] зависимости, полученные Е.В.Гаркаловым из понятия об "идеальном процессе"

$$\frac{t_{в.к} - t_{в.н}}{t_{в}^{пр} - t_{в.н}} = \frac{i_{в.к} - i_{в.н}}{i_{в}^{пр} - i_{в.н}} = \frac{d_{в.к} - d_{в.н}}{d_{в}^{пр} - d_{в.н}} = E' . \qquad (2.9)$$

Здесь $t_{в}^{пр}$, $i_{в}^{пр}$, $d_{в}^{пр}$ – температура, энтальпия и влагосодержание предельного состояния воздуха, графическое изображение которого на $i-d$ -диаграмме, представляющее точку пересечения луча процесса обработки воздуха в камере с кривой насыщения (φ =100%), показано на рисунке.

---

* $-27^{\circ}C$ – минимально допустимая температура холодного воздуха по мокрому термометру при испарительном нагреве (обработке его теплой водой) в камерах орошения ОКС-3. Указанная температура определена по результатам исследований ВНИИкондиционера, показывающих, что при $t_{в.н} \geq -26^{\circ}C$ в камерах орошения ОКС-3 практически не образуются иней и лед.

В камерах орошения ОКФ-3 процесс испарительного нагрева может происходить в тех случаях, когда температура воздуха на входе в камеру орошения выше $0^{\circ}C$.

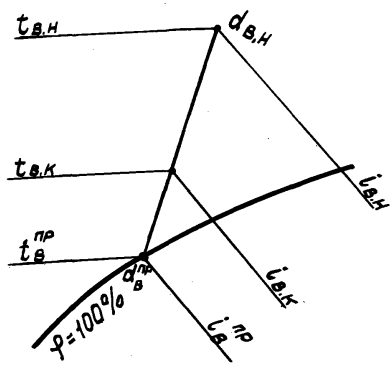


Рисунок к п.2.2.

Из этого же представления следует, что коэффициент E' не зависит от начальных параметров теплообменивающихся сред и, следовательно, он должен быть равен адиабатному коэффициенту эффективности E_A.

Вводя дополнительно также не зависящий от начальных параметров температурный критерий θ (правомерность этого обстоятельства доказана в работах [2], [3], получим основную систему уравнений методики II для расчета камер орошения:

$$i_{в.к} - i_{в.н} = E_A (i_в^{пр} - i_{в.н}), \qquad (2.10)$$

$$t_{в.к} - t_{в.н} = E_A (t_в^{пр} - t_{в.н}), \qquad (2.11)$$

$$t_в^{пр} - t_{ж.н} = \theta (t_{ж.к} - t_{ж.н}). \qquad (2.12)$$

θ определяется зависимостью

$$\theta = в \cdot C_ж M \left(\frac{1}{E_П} - \frac{1}{E_A}\right), \qquad (2.13)$$

где коэффициенты $E_П$ и E_A - характеризуются зависимостями (2.6)-(2.8), коэффициент $в$ принимается по табл.2.I.

Методики I и II расчета хорошо согласуются друг с другом в диапазоне применимости первой из них ($2^{\circ}C \leq t_{ж.н.} \leq 30^{\circ}C$; $-5^{\circ}C \leq t_{мин} \leq 30^{\circ}C$), что позволяет в этом диапазоне проводить расчеты камер орошения по любой из них, исходя из соображений простоты процедуры вычислений.

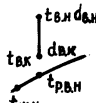
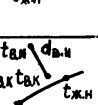
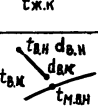
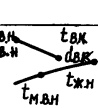
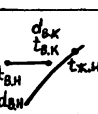
2.3. Приведенные зависимости (2.I), (2.2), (2.I0)-(2.I2) справедливы для всех разновидностей адиабатных и политропных процессов обработки воздуха в камерах орошения, включая испарительный нагрев и процессы с переменным, регулируемым вручную или автоматически расходом разбрызгиваемой воды.

Процессы с переменным расходом воды в ряде работ называются "процессами с неполным увлажнением или недоувлажнением", "управляемыми процессами". Сущность процессов с переменным расходом воды в камерах орошения состоит в том, что при изменении расхода разбрызгиваемой воды достигается переменная поверхность теплообмена между водой и обрабатываемым воздухом. Указанное позволяет в одной и той же установке обеспечивать различные заданные параметры воздуха после камеры орошения. Применение процессов с переменным расходом воды позволяет отказаться от байпаса камер, а также в ряде случаев (если не требуется поддержание постоянной относительной влажности) от воздухонагревателя II подогрева.

Процессы обработки воздуха в камерах орошения схематически показаны в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Процессы обработки воздуха

Процесс обработки воздуха		Начальная температура распыляемой воды $t_{ж.н}$	Номер примера: Прямая задача	Номер примера: Обратная задача
Политропный с понижением энтальпии	Охлаждение и осушение, $t_{в.к} < t_{в.н}$, $d_{в.к} < d_{в.н}$ 	$t_{ж.н} < t_{р.в.н}$	I,2,3	6,7
	Охлаждение при постоянном влагосодержании, $t_{в.к} < t_{в.н}$, $d_{в.к} = d_{в.н}$ 	$t_{ж.н} < t_{р.в.н}$	4	
	Охлаждение и увлажнение, $t_{в.к} < t_{в.н}$, $d_{в.к} > d_{в.н}$ 	$t_{ж.н} < t_{м.в.н}$		
Адиабатный (без изменения энтальпии)	Охлаждение и увлажнение, $t_{в.к} < t_{в.н}$, $d_{в.к} > d_{в.н}$ 	$t_{ж.н} = t_{м.в.н}$	8,9	I0
Политропный с повышением энтальпии	Охлаждение и увлажнение, $t_{в.к} < t_{в.н}$, $d_{в.к} > d_{в.н}$ 	$t_{ж.н} > t_{м.в.н}$	I3	I4
	Увлажнение при постоянной температуре, $t_{в.к} = t_{в.н}$, $d_{в.к} > d_{в.н}$ 	$t_{ж.н} > t_{в.н}$	5	
	Нагрев и увлажнение, $t_{в.к} > t_{в.н}$, $d_{в.к} > d_{в.н}$ 	$t_{ж.н} > t_{в.н}$	II	I2

2.4. Камеры орошения кондиционеров КТЦЗ могут использоваться при давлении воды перед форсунками:

от 20 кПа(0,2 кгс/см^2) до 300 кПа(3 кгс/см^2)-в ОКФЗ и БТМ-3;

от 5 кПа (0,05 кгс/см^2) до 250 кПа(2,5 кгс/см^2) - в ОКС-3.

При давлении воды, ниже указанного, форсунки работают неустойчиво.

Для повышения давления перед форсунками ЭШФ 7/10 в камерах ОКФ-3 при небольших расходах разбрызгиваемой воды, особенно в режимах с переменным её расходом, целесообразна подача воды в один ряд стояков. Подачей воды в стояки возможно управлять раздельно по каждому ряду или последовательно, вручную или автоматически.

Каждая камера в связи с различной плотностью установки форсунок и реальным расходом воздуха характеризуется разными минимально допустимыми значениями коэффициента орошения $\mu_{мин}$.

При расчетных значениях коэффициентов орошения $\mu_р$ меньше 0,7 для камер ОКФ-3, БТМ-3 и 0,6 для камер ОКС-3 необходимо сравнить их с μ мин. Если $\mu_р > \mu_{мин}$, принятая камера будет работать в устойчивом режиме. Если $\mu_р < \mu$ мин, принятая камера в расчетном режиме будет работать неустойчиво и не обеспечит заданные параметры обрабатываемого воздуха. В этом случае следует уменьшить количество подключенных форсунок (изменив исполнение или рядность стояков) или тип камеры.

Величина $\mu_{мин}$ определяется по формуле

$$\mu_{мин} = \frac{q_{ф.мин} \cdot n}{G_в}, \qquad (2.14)$$

где $q_{ф.мин}$ =460 кг/ч для форсунок ЭШФ 7/10,

$q_{ф.мин}$ =870 кг/ч для форсунок УЦ14-10/15,

n - количество работающих форсунок в камере орошения, шт.

Количество форсунок по рядам для каждого исполнения камер ОКФ-3, ОКС-3 и БТМ-3 приведено в табл.2.4-2.6.

Таблица 2.4

Количество форсунок по рядам в камере орошения ОКФ-3

Индекс	Кондиционер	Исполнение	Количество форсунок, шт.		
			В первом ряду стояков по ходу воздуха	Во втором ряду стояков по ходу воздуха	Всего
01.01304	КЦ3-10	1	12	6	18
		2	12	12	24
02.01304	КЦ3-20	1	24	18	42
		2	24	24	48
03.01304	КЦ3-31,5	1	36	27	63
		2	36	36	72
04.01304	КЦ3-40	1	48	36	84
		2	48	48	96
06.01304	КЦ3-63	1	81	63	144
		2	81	81	162
08.01304	КЦ3-80	1	108	84	192
		2	108	108	216
12.01304	КЦ3-125	1	162	126	288
		2	162	162	324
16.01304	КЦ3-160	1	216	168	384
		2	216	216	432
20.01304	КЦ3-200	1	234	180	414
		2	234	234	468
25.01304	КЦ3-250	1	312	240	552
		2	312	312	624

Таблица 2.5

Количество форсунок в блоке тепломассообмена БТМ2-3

Индекс	Кондиционер	Количество форсунок, шт.
01.02I24	КЦ3-I0	I2
02.02I24	КЦ3-20	24
03.02I24	КЦ3-3I,5	36
04.02I24	КЦ3-40	48
06.02I24	КЦ3-63	8I
08.02I24	КЦ3-80	I08
I2.02I24	КЦ3-I25	I62
I6.02I24	КЦ3-I60	2I6
20.02I24	КЦ3-200	234
25.02I24	КЦ3-250	3I2

Таблица 2.6

Количество форсунок в камере орошения ОКС-3

Индекс	Кондиционер	Исполнение	Количество форсунок, шт.
03.0I204	КЦ3-3I,5	I	20
03.0I404		2	24
04.0I204	КЦ3-40	I	24
04.0I404		2	30
06.0I204	КЦ3-63	I	42
06.0I404		2	48
08.0I204	КЦ3-80	I	54
08.0I404		2	60

Расходные характеристики форсунок $q_ф$ выражаются зависимостями:

для форсунок ЭШФ 7/10

$$q_ф = 118{,}2\ (Z\Delta P_ф)^{0{,}454} \qquad (2.15)$$

для форсунок УЦ4 10/15

$$q_ф = 412\ (Z\Delta P_ф)^{0{,}466}, \qquad (2.16)$$

где $Z = 1$, ΔP_1 кПа, в СИ; $Z = 98{,}1$, ΔP_1 кгс/см^2, в МКГСС.

Зависимости расхода разбрызгиваемой воды от давления воды перед форсунками $q_ф\ (\Delta P_ф)$ приведены на рис. 2.2 приложения 1.

2.5. При теплотехническом расчете камер орошения встречаются два вида задач – прямые и обратные.

Прямая задача – определение расхода и начальной температуры орошающей воды при заданных расходах, начальных и конечных параметрах обрабатываемого воздуха.

Обратная задача – прочие варианты расчетов, в частности, определение конечных параметров воздуха при заданных значениях начальных параметров и расходов воздуха и воды.

Расчеты первого типа выполняют с целью подбора камер орошения, как правило, при проектировании систем; расчеты второго типа – с целью выполнения поверочных расчетов при наладке и эксплуатации систем.

Целесообразность применения каждой из методик зависит от типа решаемой задачи и заданных условий (режима обработки воздуха, уровня начальных параметров воздуха и распыляемой воды).

Например, для расчета прямой задачи в камере орошения при политропном режиме и $2^\circ C \le t_{ж.н} \le 30^\circ C$ целесообразнее использовать методику II, поскольку методика I в ряде случаев потребует повторных расчетов с целью последовательных приближений.

Решение обратной задачи при указанных условиях получается более простым по методике I.

Рекомендации по применению методик в зависимости от заданных условий, а также номера разделов с описанием последовательности расчета приведены в табл.2.7.

Таблица 2.7

Рекомендации по применению методик расчета

Заданные условия для расчета			Методика расчета	Раздел
Режим обработки воздуха	Диапазон применения	Тип задачи		
Политропный	$2^{\circ}C \leq t_{м.н} \leq 30^{\circ}C$	Прямая	II	4.1
	$-5^{\circ}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{\circ}C$	Обратная	I	4.2
Адиабатный	$2^{\circ}C \leq t_{м.н} \leq 30^{\circ}C$	Прямая	I	4.3
	$-5^{\circ}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{\circ}C$	Обратная	I	4.4
Политропный (испарительный нагрев)	$2^{\circ}C \leq t_{м.н} \leq 50^{\circ}C$	Прямая	II	4.5
	$-27^{\circ}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{\circ}C$	Обратная	II	4.6

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАМЕР ОРОШЕНИЯ

3.1. В приложении I приведены гидравлические характеристики камер орошения в виде номограмм для зависимостей $\Delta P_{ж} (G_{ж})$:

на рис.3.1 – для двухрядных камер орошения ОКФ-3;
на рис.3.2 – для однорядных противоточных камер орошения ОКФ-3 исполнения I;
на рис.3.3 – для однорядных прямоточных камер орошения ОКФ-3 исполнения I и 2 и блоков тепломассообмена БТМ 2.1-3, БТМ 2.2-3;
на рис.3.4 – для камер орошения ОКС I-3 и ОКС 2-3.

3.2. На оси абсцисс номограмм отложены значения избыточного давления на входе в коллектор камеры орошения $\Delta P_{ж}$ *), на оси ординат – расход распыляемой воды $G_{ж}$.

*) Для камер орошения ОКФ КТЦЗ-125-КТЦЗ-250 – избыточное давление перед нижним коллектором.

Кривые $G_ж(\Delta P_ж)$ построены в зависимости от типоразмера и конструктивного исполнения камер орошения.

3.3. Величины $\Delta P_ж$ учитывают потери давления по воде в форсунках, коллекторах и стояках камер орошения. При подборе насоса следует учитывать также потери давления в сети и на подъем воды до коллектора (для кондиционеров КТЦЗ-I25÷КТЦЗ-250 - только до нижнего коллектора).

3.4. Зависимости $G_ж(\Delta P_ж)$, приведенные на рис.3.I÷3.4 приложения I, получены с использованием расходных характеристик форсунок по формулам (2.I5), (2.I6).

3.5. Для определения потери давления по воде на ординате номограммы откладывается значение расхода распыляемой воды, проводится горизонтальная линия до пересечения с кривой $G_ж(\Delta P_ж)$, соответствующей заданному типоразмеру и конструктивному исполнению камеры орошения. Абсцисса точки пересечения определяет значение требуемого избыточного давления $\Delta P_ж$ перед коллектором, обеспечивающего потери давления по воде в системе орошения.

4. РАСЧЕТ КАМЕР ОРОШЕНИЯ

4.I. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки воздуха ($2^oC \leq t_{ж.н} \leq 30^oC$; $-5^oC \leq t_{м.в.н} \leq 30^oC$).

Прямая задача. Расчет выполняется по методике П.

4.I.I. На $i-d$ - диаграмме изображается луч процесса обработки воздуха в камере орошения, для чего через точки с координатами заданных начальных и конечных параметров воздуха проводится прямая до пересечения с кривой насыщения (φ =I00%). Точка пересечения соответствует состоянию части воздушного потока с параметрами $t_в^{пр}$, $i_в^{пр}$.

4.I.2. Вычисляется коэффициент адиабатной эффективности E_A по формуле

$$E_A = \frac{i_{в.к} - i_{в.н}}{i_в^{пр} - i_{в.н}}. \qquad (4.I)$$

4.I.3. Находится коэффициент орошения μ и коэффициент энтальпийной эффективности $E_{П}$ для принятого типоразмера и исполнения камеры орошения по графикам на рис. 2.3 - 2.7 приложения I.

На оси ординат откладывается значение $E_{А}$ и проводится прямая, параллельная оси абсцисс, до пересечения с кривой $E_{А}$ (μ), соответствующей выбранному типоразмеру и исполнению камеры. Абсцисса точки пересечения определяет значение μ . Из точки пересечения на кривой $E_{А}$ (μ) проводится вертикальная линия до пересечения с кривой $E_{П}$ (μ), также соответствующей выбранной камере. Ордината точки пересечения определяет значение $E_{П}$.

4.I.4. Вычисляется относительный перепад температур воздуха θ по формуле (2.I3).

4.I.5. Вычисляется начальная температура воды $t_{ж.н}$ по формуле

$$t_{ж.н} = t_{в}^{пр} + \frac{\theta}{c_{ж}\mu}(i_{в.к} - i_{в.н}). \qquad (4.2)$$

4.I.6. Определяется конечная температура воды $t_{ж.к}$ по формуле

$$t_{ж.к} = t_{ж.н} - \frac{i_{вк} - i_{вн}}{c_{ж}\mu}. \qquad (4.3)$$

4.I.7. Определяется расход разбрызгиваемой воды $G_{ж}$ по формуле

$$G_{ж} = \mu \cdot G_{в}. \qquad (4.4)$$

4.I.8. Находятся потери давления в камере орошения по воде $\Delta P_{ж}$ по графикам рис. 3.I - 3.4 приложения I.

4.2. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки воздуха ($2^{o}C \leq t_{ж.н.} \leq 30^{o}C$; $-5^{o}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{o}C$).

Обратная задача. Расчет выполняется по методике I.

4.2.I. По заданному расходу разбрызгиваемой воды*) определяется коэффициент орошения M по формуле

$$M = \frac{G_ж}{G_в} . \qquad (4.5)$$

4.2.2. Находятся коэффициенты адиабатной и энтальпийной эффективности E_A и $E_П$ по графикам рис.2.3 ÷ 2.7 приложения I, соответствующим выбранному типоразмеру и исполнению камеры орошения.

4.2.3. По заданному значению начальной температуры воды $t_{ж.н}$ находится по $i-d$ - диаграмме соответствующая этой температуре энтальпия насыщенного воздуха $i_{в.нас}$.

4.2.4. Определяется конечная энтальпия воздуха $i_{в.к}$ по формуле **)

$$i_{в.к} = i_{в.н} + E_П\,(i_{в.нас} - i_{в.н})\left[1+\alpha(i_{в.нас}-i_{в.н})+\beta(i_{в.нас}-i_c)\right], \qquad (4.6)$$

где корректирующие коэффициенты α, β и i_c принимаются по табл. 2.I.

4.2.5. Определяется конечная температура воздуха $t_{в.к}$ по формуле

$$t_{в.к} = t_{в.н} + E_A\,(t_{ж.н} - t_{в.н}) + \beta\left(1 - \frac{E_A}{E_П}\right)(i_{в.к} - i_{в.н}), \qquad (4.7)$$

где β - коэффициент аппроксимации принимается по табл. 2.I.

4.2.6. Вычисляется конечная температура воды $t_{ж.к}$ по формуле (4.3).

4.2.7. Находятся потери давления по воде в камере орошения $\Delta P_ж$ по графикам рис. 3.I - 3.4 приложения I.

---

*) Последовательность расчета при заданном расходе холода Q_x приведена в примере 4, при заданном коэффициенте орошения M - в примере II.

**) При заданном расходе холода $i_{в.к}$ определяется по формуле (2.3), где $\Delta i = Q_x / G_в$.

4.3. Расчет камеры орошения при адиабатном режиме обработки воздуха ($2^{\circ}C \leq t_{ж.н.} \leq 30^{\circ}C$; $-5^{\circ}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{\circ}C$).

Прямая задача. Расчет выполняется по методике I.

4.3.I. По заданной начальной и конечной температурам обрабатываемого воздуха вычисляется коэффициент адиабатной эффективности E_A по формуле

$$E_A = I - \frac{t_{в.к} - t_{м.н}}{t_{в.н} - t_{м.н}}. \qquad (4.8)$$

4.3.2. Находится коэффициент орошения μ по графикам на рис. 2.3 - 2.7 приложения I, соответствующим выбранному типоразмеру и исполнению камеры орошения.

4.3.3. Определяется расход воды $G_{ж}$ по формуле(4.4).

4.3.4. Находятся потери давления по воде $\Delta P_{ж}$ в камере орошения по графикам рис.3.I - 3.4 приложения I.

4.4. Расчет камеры орошения при адиабатном режиме обработки воздуха ($2^{\circ}C \leq t_{ж.н.} \leq 30^{\circ}C$; $-5^{\circ}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{\circ}C$).

Обратная задача. Расчет выполняется по методике I.

4.4.I. По заданному расходу разбрызгиваемой воды определяется коэффициент орошения μ по формуле (4.5).

4.4.2. Определяется коэффициент адиабатной эффективности E_A по графикам рис.2.3-2.7 приложения I, соответсвующим выбранному типоразмеру и исполнению камеры орошения.

4.4.3. Определяется конечная температура воздуха после камеры орошения $t_{в.к}$ по формуле

$$t_{в.к} = (1 - E_A)(t_{в.н} - t_{м.н}) + t_{м.н}. \qquad (4.9)$$

4.4.4. Находятся потери давления по воде в камере орошения $\Delta P_{ж}$ по графикам рис.3.I-3.4 приложения I.

4.5. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки холодного воздуха теплой водой (испарительный нагрев) ($2^{o}C \leq t_{ж.н} \leq 50^{o}C$; $-27^{o}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{o}C$).

Прямая задача. Расчет выполняется по методике II.

4.5.I. При заданных расходах воздуха и разбрызгиваемой воды, начальных параметрах воздуха, конечном влагосодержании воздуха и начальной температуре греющей воды требуется определить расход греющей воды и конечные параметры воздуха и воды.

4.5.2. Выполняется расчет по п 4.2.I.

4.5.3. Определяются коэффициенты адиабатной E_A и политропной $E_П$ эффективности по графикам рис. 2.3-2.7 приложения I, соответствующим выбранному типоразмеру и исполнению камеры орошения.

4.5.4. Вычисляется относительный перепад температур θ по формуле (2.I3).

4.5.5. Определяется влагосодержание предельного состояния воздуха $d_в^{пр}$ по формуле

$$d_в^{пр} = d_{в.н} + \frac{d_{в.к} - d_{в.н}}{E_A}. \qquad (4.I0)$$

4.5.6. На $i-d$ – диаграмме определяются параметры предельного состояния воздуха $t_в^{пр}$ и $i_в^{пр}$ в точке пересечения линий $d_в^{пр}$ и $\varphi = I00\%$.

4.5.7. Вычисляются конечные энтальпия $i_{в.к}$ и температура $t_{в.к}$ обрабатываемого воздуха по формулам

$$i_{в.к} = i_{в.н} + E_A (i_в^{пр} - i_{в.н}), \qquad (4.II)$$

$$t_{в.к} = t_{в.н} + E_A (t_в^{пр} - t_{в.н}). \qquad (4.I2)$$

4.5.8. Определяются начальная $t_{ж.н}$ и конечная $t_{ж.к}$ температуры разбрызгиваемой воды по формулам(4.2),(4.3).

4.5.9. Находится расход греющей воды $G_б$, необходимый для нагрева разбрызгиваемой воды:

а) в камерах ОКС2-3 со встроенным водонагревателем по графикам рис. 4.I приложения I в зависимости от принятой обвязки (параллельная или последовательная), типоразмера камеры и расходного коэффициента q. Расходный коэффициент q определяется по формулам:

для кондиционеров КТЦЗ-3I,5 и КТЦЗ-40

$$q = \frac{(i_{в.к} - i_{в.н})\, G_в \cdot 10^{-3}}{c_ж (t_{б.н} - t_{ж.к})}, \qquad (4.I3)$$

где $t_{б.н}$ - начальная температура греющей воды;

для кондиционеров КТЦЗ-63 и КТЦ-80

$$q = \frac{(i_{в.к} - i_{в.н})\, G_в \cdot 10^{-3}}{2c_ж (t_{б.н} - t_{ж.к})}; \qquad (4.I4)$$

б) в отдельно установленном бойлере - традиционным способом.

4.5.I0. Определяется конечная температура греющей воды $t_{б.к}$ по формуле

$$t_{б.к} = t_{б.н} - \frac{(i_{в.к} - i_{в.н})\, G_в}{c_ж G_б}. \qquad (4.I5)$$

4.5.II. Определяются потери давления по воде $\Delta P_ж$ оросительной системы камеры орошения по графикам рис. 3.I-3.4 приложения I.

4.5.I2. Определяются потери давления по воде $\Delta P_б$ в водонагревателе:

для встроенного водонагревателя камеры орошения ОКС2-3 - по графику рис. 4.2 приложения I, для отдельно установленного бойлера - традиционным способом.

4.6. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки холодного воздуха теплой водой (испарительный нагрев) ($2^{\circ}C \leq t_{ж.н} \leq 50^{\circ}C$; $-27^{\circ}C \leq t_{м.в.н} \leq 30^{\circ}C$).

Обратная задача. Расчет выполняется по методике II.

4.6.I. При заданных расходах воздуха и разбрызгиваемой воды, начальных параметрах воздуха, разбрызгиваемой и греющей воды требуется определить конечные параметры воздуха и воды.

4.6.2. Выполняется расчет по п.4.4.I.

4.6.3. Определяются коэффициенты адиабатной E_A и политропной $E_п$ эффективности по графику рис.2.3-2.7 приложения I, соответствующему выбранному типоразмеру и исполнению камеры орошения.

4.6.4. Вычисляется относительный перепад температур θ по формуле (2.I3).

4.6.5. Находятся параметры предельного состояния воздуха $i_в^{пр}$, $t_в^{пр}$. Для этого задаются двумя значениями энтальпии $i_{в1}$ и $i_{в2}$. Рекомендуется принимать $i_{в1}$ = 20,94 кДж/кг (5 ккал/кг) и $i_{в2}$ =29,32 кДж/кг (7 ккал/кг).

Вычисляются соответствующие значения температур $t_{в1}$ и $t_{в2}$ по формуле

$$t_в = t_{ж.н} - \frac{E_A \theta}{C_{ж}\mu}\left(i_в - i_{в.н}\right), \quad (4.I6)$$

где $i_в$ соответственно $i_{в1}$ или $i_{в2}$.

На i-d - диаграмме через точки с координатами $t_{в1}, i_{в2}$ и $t_{в1}, i_{в2}$ проводится прямая до пересечения с кривой насыщения (φ = I00%). Координаты точки пересечения соответствуют параметрам предельного состояния воздуха $t_в^{пр}$, $i_в^{пр}$.

4.6.6. Определяются конечные энтальпия $i_{в.к}$ и температура $t_{в.к}$ обрабатываемого воздуха по формулам (4.II) и (4.I2).

4.6.7. Определяется конечная температура разбрызгиваемой воды $t_{ж.к}$ по формуле

$$t_{ж.к} = t_{ж.н} + \frac{t_в^{пр} - t_{ж.н}}{в} . \qquad (4.I7)$$

4.6.8. Выполняется расчет по пп. 4.5.9 - 4.5.I2.

4.7. При необходимости получения расчетов с большей точностью, а также в диапазоне малых значений коэффициентов орошения ($\mu \leq 0{,}8$) в пп.4.I.3; 4.2.2; 4.3.2; 4.4.2 приведенный коэффициент энтальпийной эффективности $E_п$ определяется по формулам (2.6) и (2.7), коэффициент адиабатной эффективности $E_А$ - по формуле (2.8), коэффициент орошения μ - по формуле

$$\mu = \left[\frac{-\ln(1-E_А) - 0.15}{A_1}\right]^{1/a_1} . \qquad (4.I8)$$

5. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

5.I. Характеристики выполненных в данном альбоме примеров расчета камер орошения приведены в табл.5.I.

Схематическое изображение процессов обработки воздуха в камерах орошения на i - d - диаграмме в примерах представлено в табл.2.3.

Примеры расчета I - I4 даны в приложении 2.

Таблица 5.I

Характеристики примеров

Номер примера	Задача: Тип	Задача: Исходные данные	Задача: Что требуется определить	Камера орошения: Тип	Камера орошения: Исполнение	Камера орошения: Количество рядов стояков	Процесс обработки воздуха	Система единиц / Раздел
I	Прямая	$L, G_в, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{в.к}, i_{в.к}, P_Б$	$M, G_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_ж$	ОКФ-3	2	2	Политропный (охлаждение воздуха)	СИ / 4.I
2	Прямая	$L, G_в, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{в.к}, i_{в.к}, P_Б$	$M, G_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_ж$	ОКСI-3	2	-	Политропный (охлаждение воздуха)	МКГСС / 4.I
3	Прямая	$L, G_в, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{в.к}, i_{в.к}$	$M, G_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_ж$	ОКФ-3	2	2	Политропный (охлаждение воздуха)	МКГСС / 4.I, 4.7
4	Прямая	$L, G_в, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{в.к}, i_{в.к}, d_{в.н} = d_{в.к}, P_Б$	$M, G_ж, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$	ОКФ-3	2	2	Политропный (охлаждение воздуха при постоянном влагосодержании)	МКГСС / 4.I
5	Прямая	$L, G_в, t_{в.н} = t_{в.к}, i_{в.н}, i_{в.к}, P_Б$	$M, G_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_ж$	ОКФ-3	2	2	Политропный (увлажнение при постоянной температуре)	МКГСС / 4.I
6	Обратная	$L, G_в, t_{в.н}, i_{в.н}, Q_2, t_{ж.н}, P_Б$	$M, G_{ж}, t_{в.к}, i_{в.к}, t_{ж.к}, \Delta P_ж$	ОКФ-3	I	2	Политропный (охлаждение воздуха)	МКГСС / 4.2
7	Обратная	$L, G_в, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{ж.н}, G_ж, P_Б$	$M, t_{в.к}, i_{в.к}, t_{ж.к}, \Delta P_ж$	ОКСI-3	2	-	Политропный (охлаждение воздуха)	МКГСС / 4.2, 4.7
8	Прямая	$L, G_в, t_{в.н}, t_{в.к}, t_{н.н} = t_{н.к}$	$M, G_{ж}, \Delta P_ж$	БПМ2.I-3	-	-	Адиабатный	СИ / 4.3

Продолжение табл. 5.I

Номер примера	Задача: Тип	Задача: Исходные данные	Задача: Что требуется определить	Камера орошения: Тип	Камера орошения: Исполнение	Камера орошения: Количество рядов стояков	Процесс обработки воздуха	Система единиц / Раздел
9	Прямая	$L, G_в, t_{в.н}, t_{в.к.2}, t_{в.к3}, t_{мн}=t_{м.к}$	$M_1, G_{ж1}, \Delta P_{ж1}, M_2, G_{ж2}, \Delta P_{ж2}, M_3, G_{ж3}, \Delta P_{ж3}$	ОКФ-3	I	I	Адиабатный с переменным расходом воды	МКГСС / 4.3
I0	Обратная	$L, G_в, t_{в.н}, G_ж, t_{м.н}=t_{м.к}$	$t_{в.к}, \Delta P_ж$	ОКФ-3	I	2	Адиабатный	МКГСС / 4.4
II	Прямая	$L, G_в, G_ж, t_{в.н}, i_{в.н}, d_{в.н}, d_{в.к}, t_{б.н}$	$M, i_{в.к}, t_{б.к}, G_б, t_{ж.н}, t_{ж.к}, t_{в.к}, \Delta P_ж$	ОКС2-3	2	-	Политропный (нагрев воздуха)	МКГСС / 4.5, 4.7
I2	Обратная	$L, G_в, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{ж.н}, G_ж, P_б$	$i_{в.к}, t_{в.к}, t_{ж.к}, M, \Delta P_ж$	ОКСI-3	2	-	Политропный (нагрев воздуха)	СИ / 4.6
I3	Обратная	$t_{в.н}, i_{в.н}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, G_ж, P_в$	$M, L, G_в$, тип кондиционера	-	-	-	Политропный (охлаждение воды в камере орошения)	СИ / 4.2
I4	Обратная	$L, G_в, G_ж, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{ж.н}$	$t_{ж.к}, i_{в.к}, \Delta P_ж$	ОКФ	I	2	Политропный (охлаждение воды в камере орошения)	СИ / 4.2, 4.7

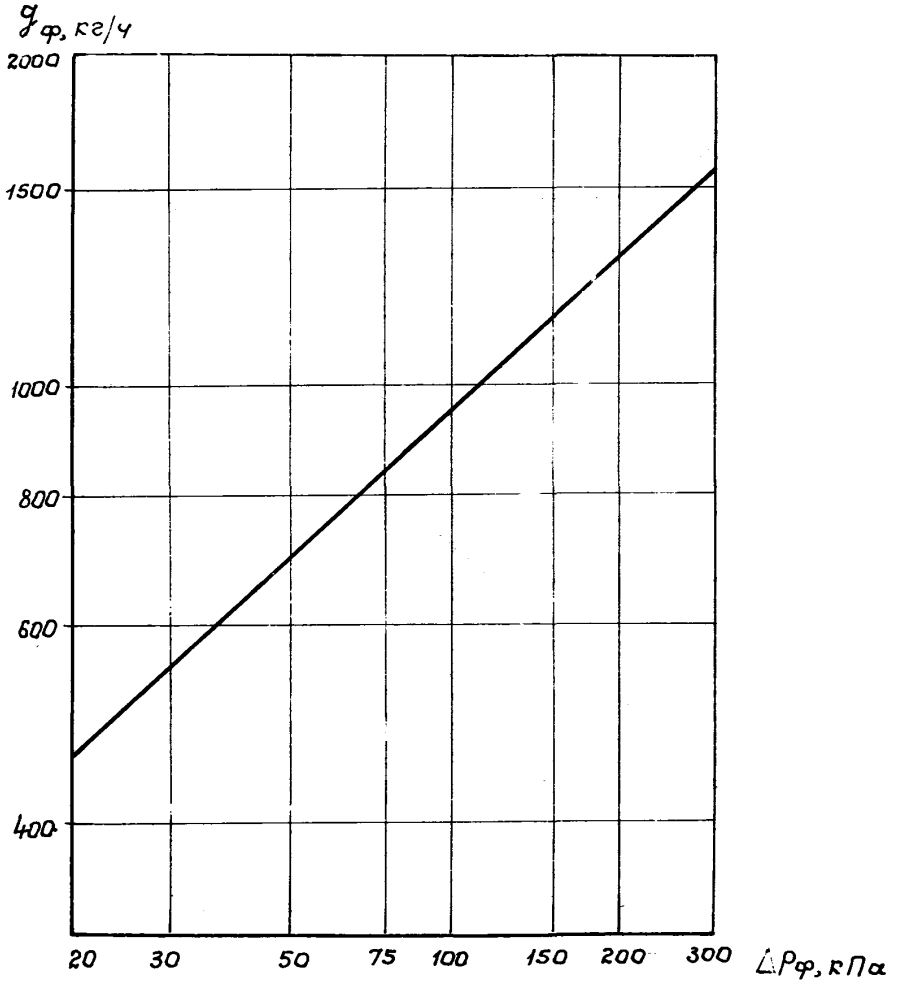


Рис. 2.1. Зависимость $q_ф(\Delta P_ф)$ для форсунки ЭШФ 7'10

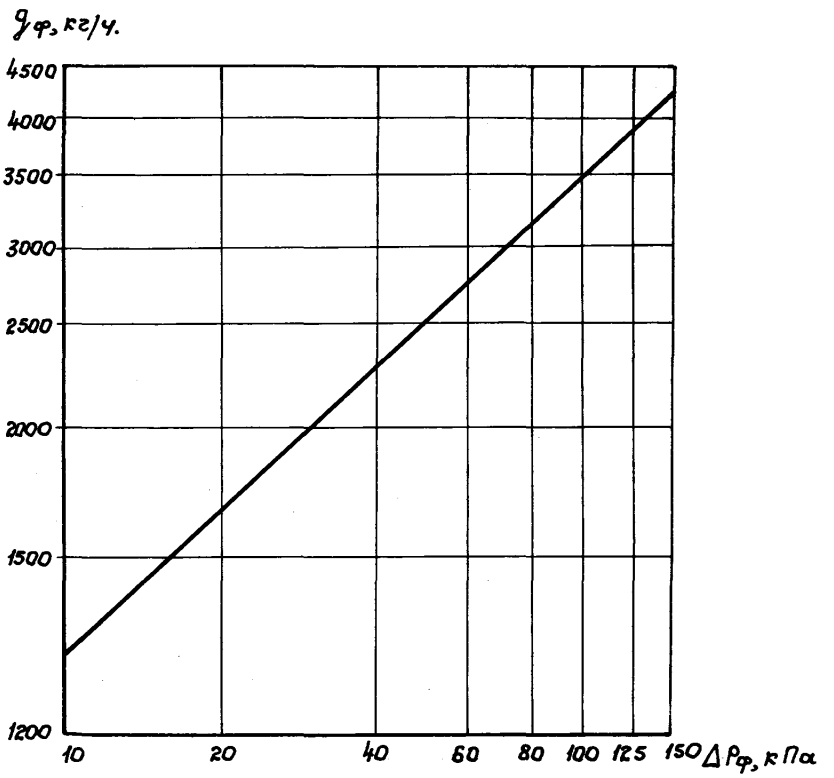


Рис.2.2. Зависимость $g_ф(\Delta P_ф)$ для форсунки УЦ 14-10/15

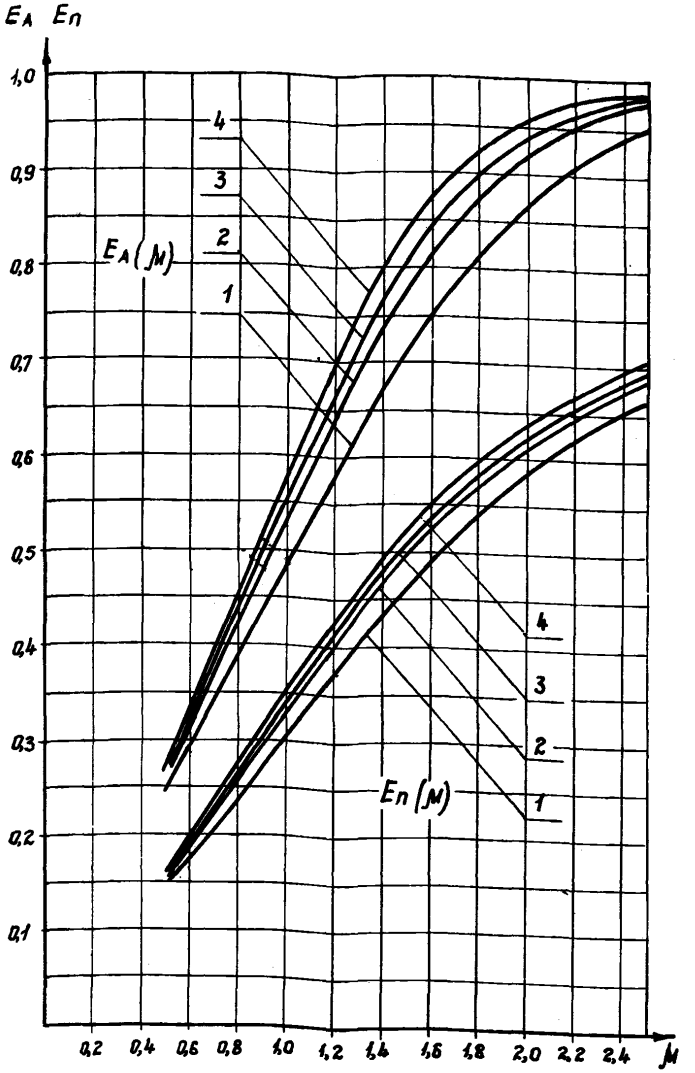


Рис.2.3. Зависимость $E_n(M)$ и $E_A(M)$ для двухрядных камер орошения ОКФ-3 (исполнение 1 и 2)

1- ОКФ-3 01.01304, исп. 2 (02.01304, исп. 2)

2- ОКФ-3 02.01304, исп. 1 (06.01304, исп. 2; 08.01304, исп. 2; 12.01304, исп. 2; 16.01304, исп. 2; 25.01304, исп. 2)

3- ОКФ-3 01.01304, исп. 1 (03.01304, исп. 2; 06.01304, исп. 1; 08.01304 исп. 1; 04.01304 исп. 2; 12.01304, исп. 1 (16.01304, исп. 1; 20.01304, исп. 2; 25.01304 исп. 1);

4- ОКФ-3 03.01304, исп. 1 (04.01304 исп. 1; 20.01304, исп. 1)

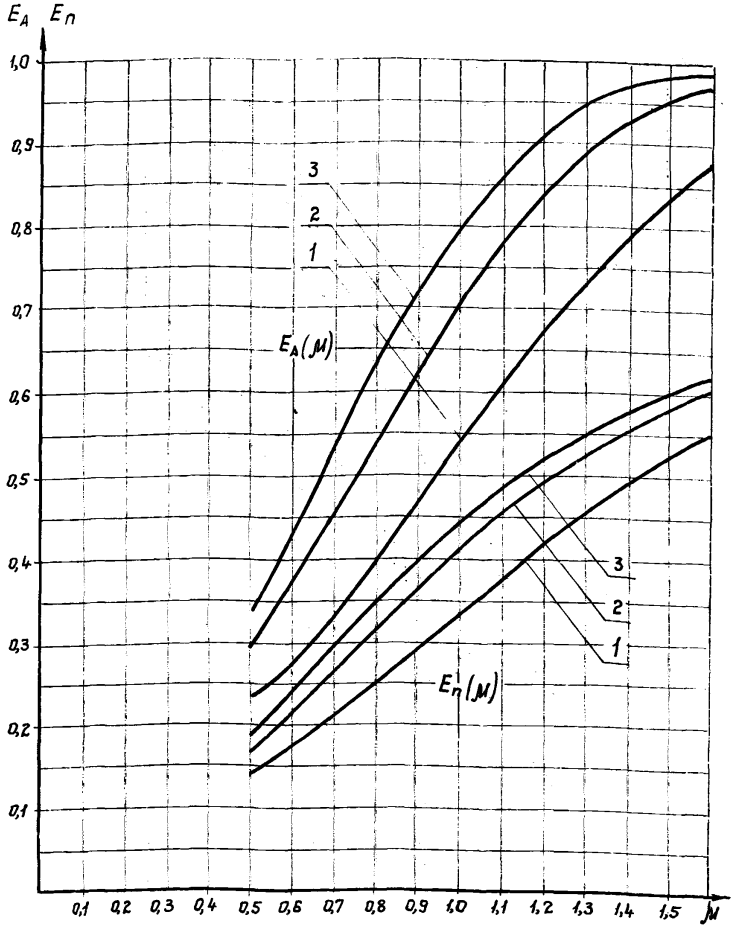


Рис. 2.4. Зависимость $E_П(M)$ и $E_A(M)$ для однорядных прямоточных камер орошения ОКФ-3 (исполнение 1 и 2):

1 - ОКФ-3 01.01304, исп. 2 (02.01304, исп. 2);

2 - ОКФ-3 03.01304, исп. 2 (04.01304, исп. 2; 06.01304 исп. 2; 08.01304 исп. 2)

3 - ОКФ-3 12.01304 исп. 2 (16.01304 исп. 2; 20.01304 исп. 2;

25.01304 исп. 2).

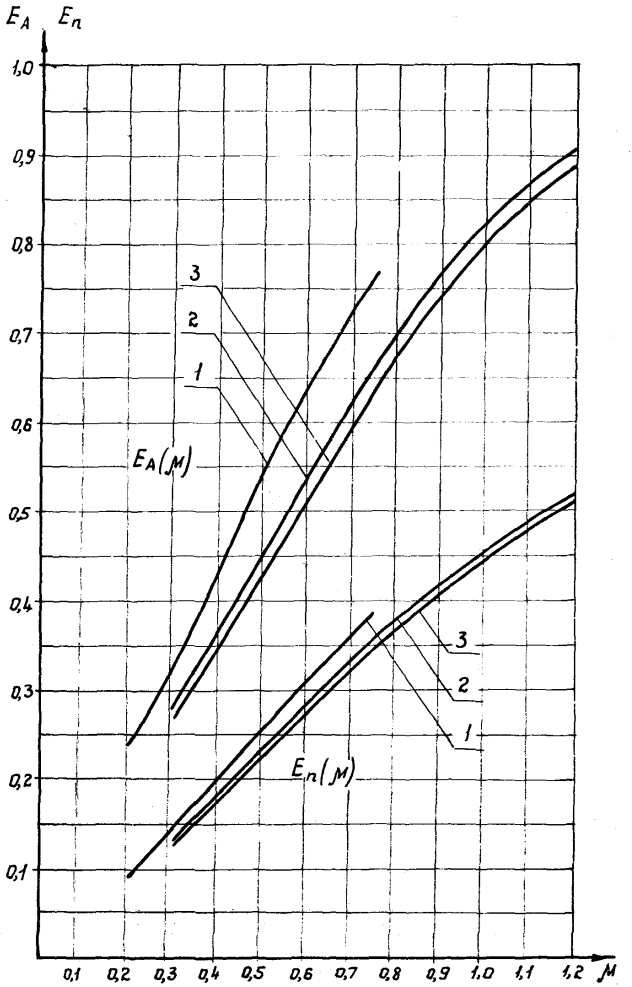


Рис.2.5. Зависимость $E_п(м)$ и $E_A(м)$ для однорядных противоточных камер орошения ОКФ-3 (исполнение 1)

1 - ОКФ-3 01.01304, исп.1;

2 - ОКФ-3 02.01304, исп.1 (03.01304, исп.1; 04.01304 исп.1, 20.01304, исп.1);

3 - ОКФ-3 06.01304, исп.1 (08.01304, исп.1; 12.01304, исп.1; 16.01304, исп.1; 25.01304, исп.1)

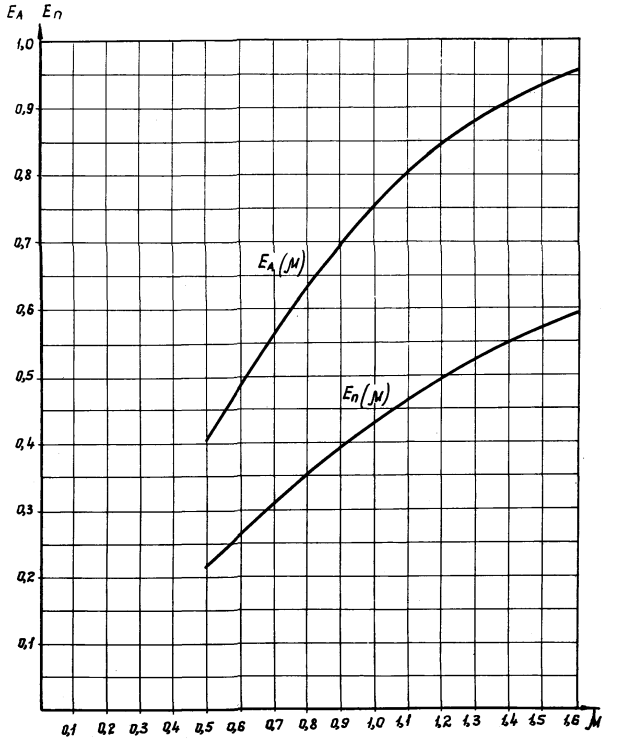


Рис.2.6. Зависимость $E_П(M)$ и $E_A(M)$ для блоков тепломассообмена БТМ2.1-3 и БТМ2.2-3

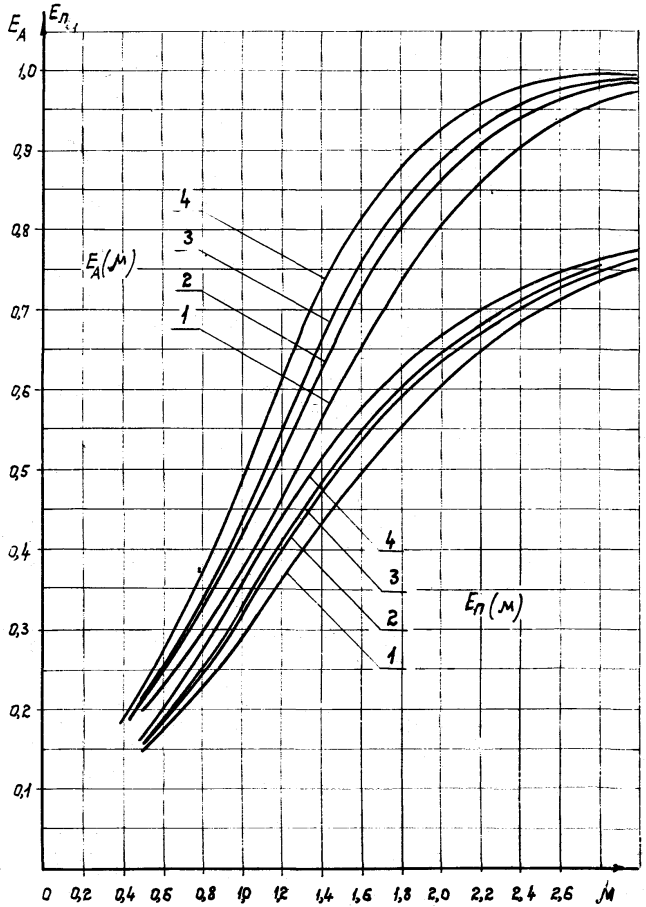


Рис.2.7 Зависимость $E_п(м)$ и $E_A(м)$ для камер орошения ОКС-3 (исполнение 1и2)
1 - окс2-3, исполнение 2; 3 - окс1-3 исполнение 2;
2 - окс2-3 исполнение 1; 4 - окс1-3 исполнение 1;

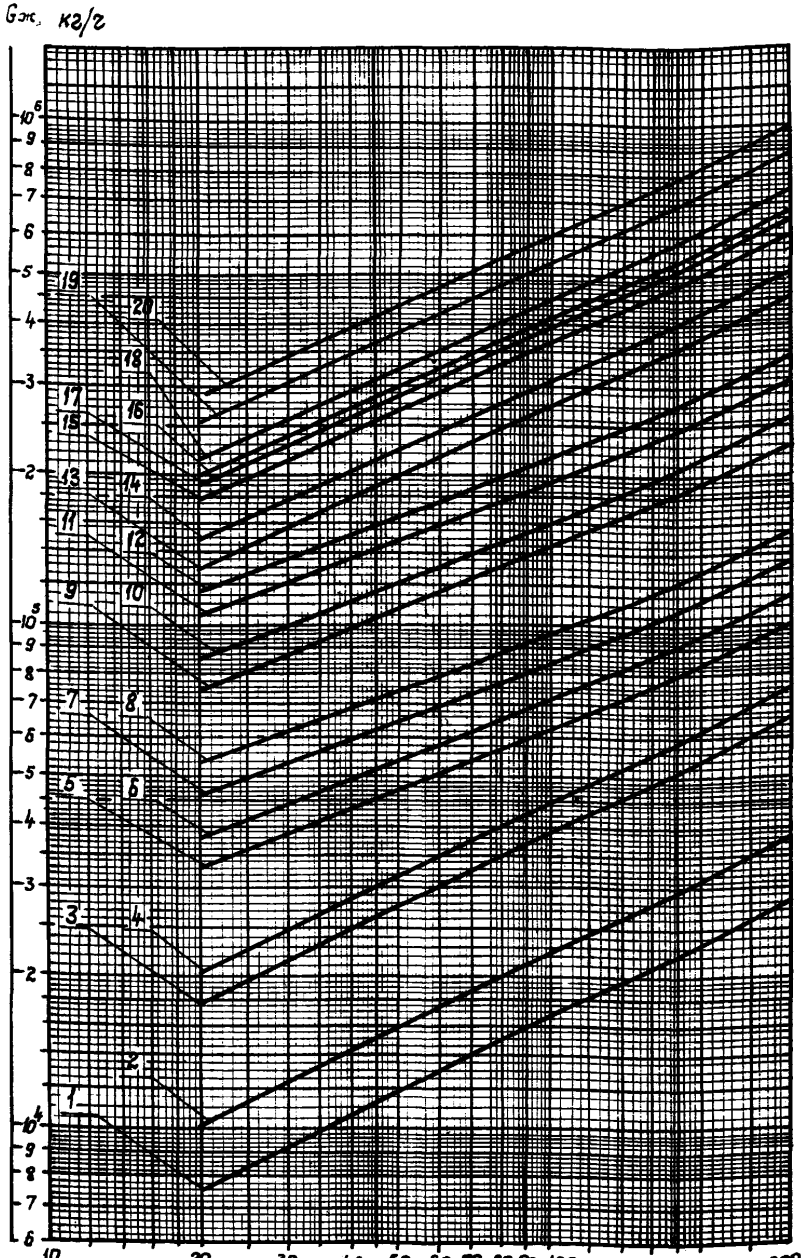


Рис. 3.1. Зависимость $\Delta P_ж (G_ж)$ для двухрядных камер орошения ОКФ-3

1- ОКФ-3 01.01304, исп.1; 2- исп.2; 11- ОКФ-3 08.01304, исп.1; 12- исп.2;
3- ОКФ-3 02.01304, исп.1; 4- исп.2; 13- ОКФ-3 12.01304, исп.1; 14- исп.2;
5- ОКФ-3 03.01304, исп.1; 6- исп.2; 15- ОКФ-3 16.01304, исп.1; 16- исп.2;
7- ОКФ-3 04.01304, исп.1; 8- исп.2; 17- ОКФ-3 20.01304, исп.1; 18- исп.2;
9- ОКФ-3 06.01804, исп.1; 10- исп.2; 19- ОКФ-3 25.01304, исп.1; 20- исп.2.

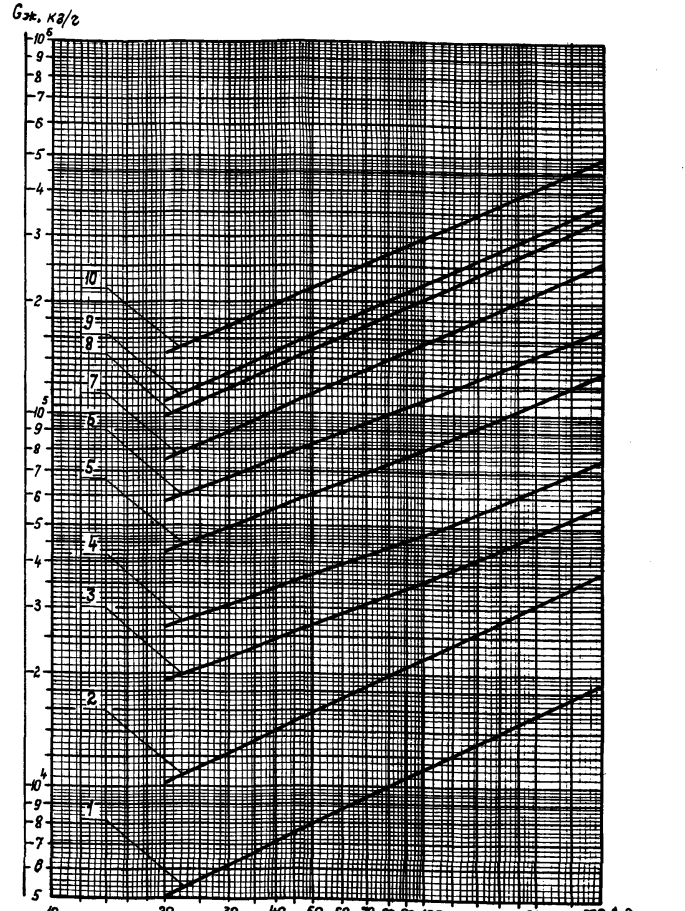


Рис. 3.2. Зависимость ΔPж (Gж) для однорядных прямоточных камер орошения ОКФ-3и блока тепломассообмена БТМ-3

1 – БТМ2. 1-3 01.02124(БТМ 2.2-3 01.02224)
2 – БТМ 2. 1-3 02.02124(БТМ 2.2-3 02.02224)
3 – БТМ2. 1-3 03.02124 (БТМ2. 2-3 03.02224)
4 – БТМ2. 1-3 04.02124 (БТМ2. 2-304.02224)
5 – БТМ2. 1-3 06.02124 (БТМ2. 2-306.02224)
6 – БТМ2. 1-3 08.02124(БТМ 2. 2-3 08.02224)
7 – БТМ2. 1-3 12.02124(БТМ2. 2-3 12.02224)
8 – БТМ2. 1-3 16.02124(БТМ2. 2-3 16. 02224)
9 – БТМ2. 1-3 20.02124(БТМ2.23 20.02224)
10 – БТМ2. 1-3 25.02124(БТМ2. 2-3 25.02224)

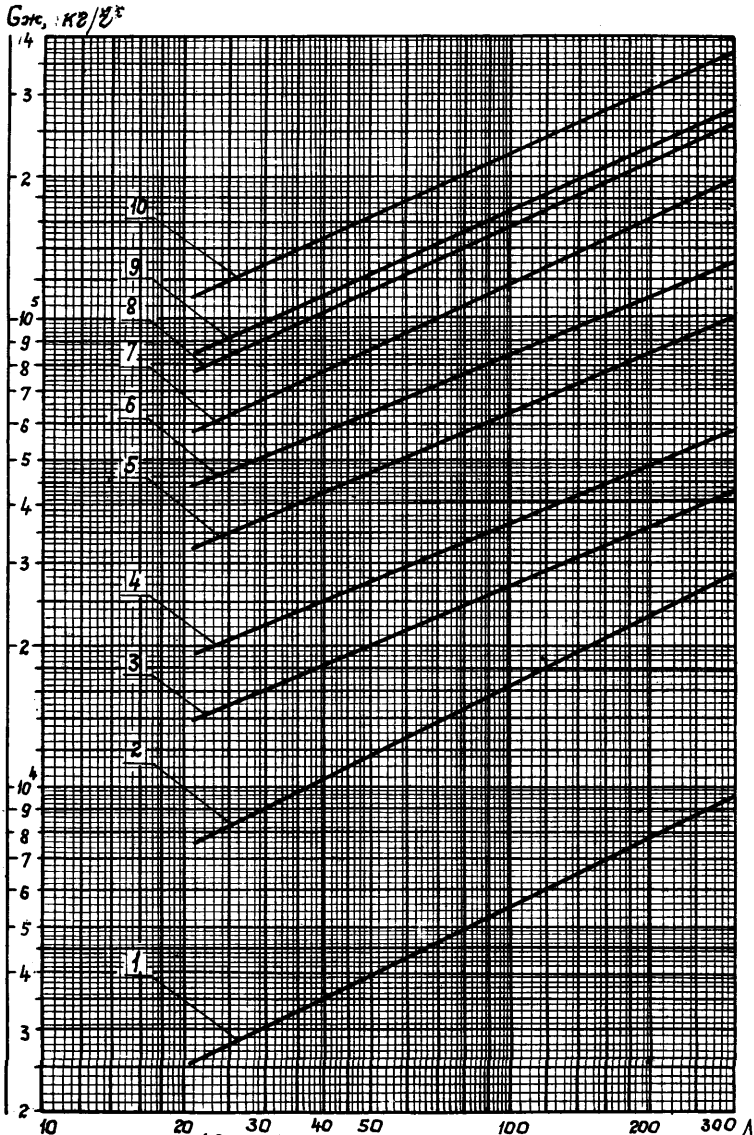


Рис. 3.3. Зависимость ΔPж (Gж) для однорядных противоточных камер орошения ОКФ-3

1- ОКФ-3 01.01304, исполнение 1;
2- ОКФ-3 02.01304, исполнение 1;
3- ОКФ-3 03.01304, исполнение 1;
4- ОКФ-3 04.01304, исполнение 1;
5- ОКФ-3 06.01304, исполнение 1;
6- ОКФ-3 08.01304, исполнение 1;
7- ОКФ-3 12.01304, исполнение 1;
8- ОКФ-3 16.01304, исполнение;
9- ОКФ-3 20.01304, исполнение;
10- ОКФ-3 25.01304, исполнение;

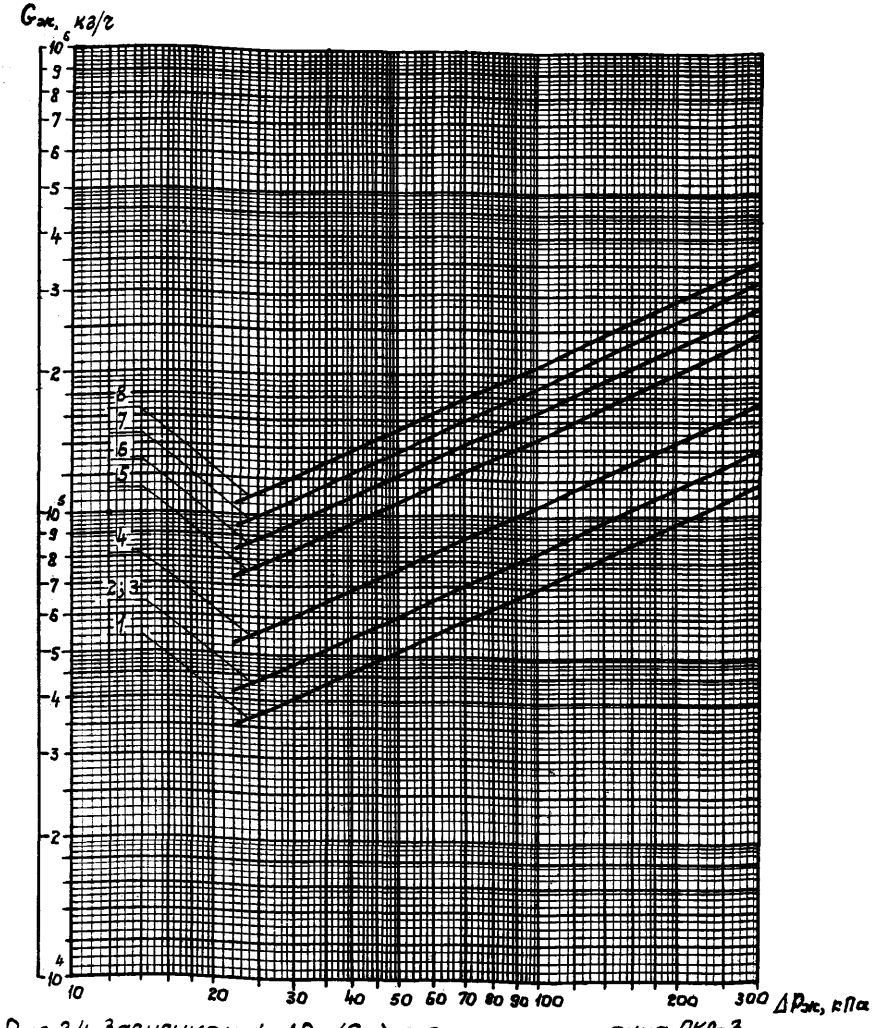


Рис. 3.4. Зависимость $\Delta P_{ж}(G_{ж})$ для камер орошения ОКС-3

1- ОКС1-3 03.01204,исп.1(ОКС2-3 03.01404,исп.1);
2-ОКС1-3 03.01204,исп.2(ОКС2-3 03.01404,исп.2);
3-ОКС1-3 04.01204,исп.1(ОКС2-3 04.01404, исп.1);
4-ОКС1-3 04.01204,исп.2(ОКС2-3 04.01404,исп.2);
5-ОКС1-3 06.01204,исп.1(ОКС2-3 06.01404,исп.1);
6-ОКС1-3 06.01204,исп.2(ОКС2-3 06.01404,исп.2);
7- ОКС1-3 08.01204, исп.1 (ОКС2-3 08.01404, исп.1)
8- ОКС1-3 08.01204, исп. 2 (ОКС2-3 08.01404, исп.2)

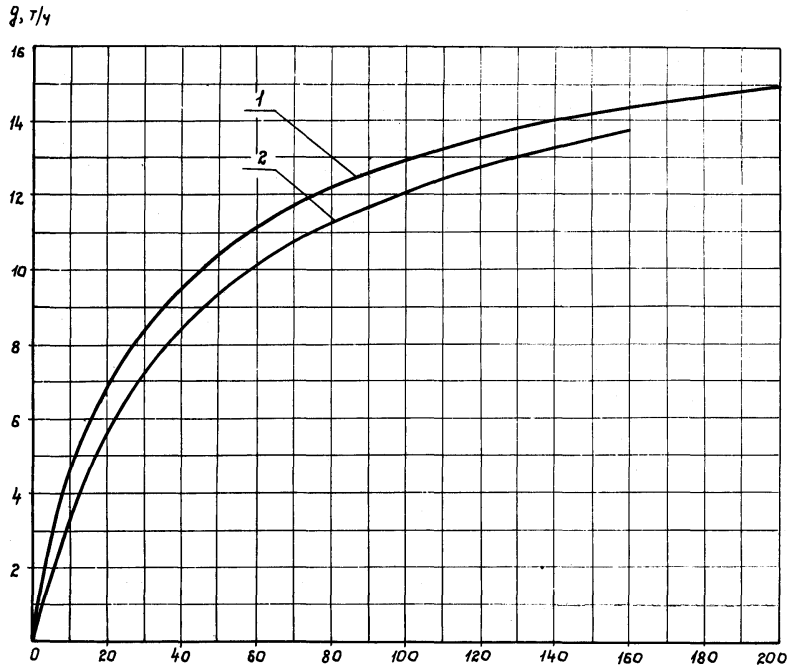


Рис. 4.1. Зависимость $q(G_ж)$ для встроенного водонагревателя камер орошения ОКГ2-3
1- параллельная обвязка; 2- последовательная обвязка.

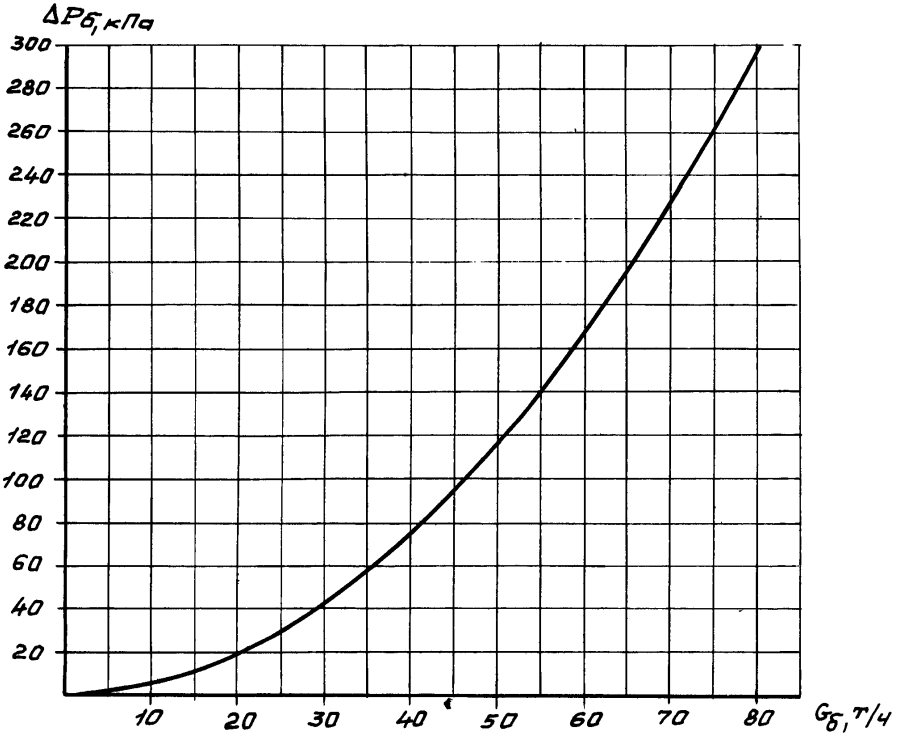


Рис. 4.2. Зависимость ΔPж (Gб) для встроенного водонагревателя камер орошения ОКС 2-3

ПРИМЕР I

Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике П (раздел 4.I) в СИ.

Исходные данные: Кондиционер КТЦЗ-I25, камера орошения ОКЗ-3, двухрядная, исполнение 2, L = I25000 м^3/ч, $G_в$ =I50000 кг/ч, $t_{вн}$=28,5°С, $i_{вн}$=54,0 кДж/кг, $t_{в.к}$ = I4°С, $i_{в.к}$ = 38,4 кДж/кг, $P_б$= I02 кПа.

Требуется определить $M, G_ж, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_ж$.

Порядок расчета.

I. На i-d - диаграмме через точки с координатами заданных начальных и конечных параметров воздуха проводим луч процесса до пересечения с кривой φ = I00%, определяем координаты точки пересечения $i_в^{пр}$, $t_в^{пр}$:

$$i_в^{пр} = 37,5 \text{ кДж/кг}; \qquad t_в^{пр} = I3,2°С.$$

2. По формуле (4.I) вычисляем E_A

$$E_A = \frac{38,4 - 54,0}{37,5 - 54,0} = 0,945.$$

3. Находим M и $E_п$ по графикам рис.2.3 приложения I при E_A= 0,945

$$M = 2,I5; \qquad E_п = 0,64.$$

4. Вычисляем θ по формуле (2.I3)

$$\theta = 0,33 \cdot 4,I87 \cdot 2,I5 \cdot \left(\frac{I}{0,64} - \frac{I}{0,945}\right) = I,50.$$

5. Определяем $t_{ж.н}$ по формуле (4.2)

$$t_{ж.н} = I3,2 + \frac{I,50}{4,I87 \cdot 2,I5}(38,4 - 54,0) = I0,6°С.$$

6. Определяем $t_{ж.к}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к} = I0,6 - \frac{38,4 - 54,0}{4,I87 \cdot 2,I5} = I2,33°С.$$

7. Находим $G_ж$ по формуле (4.4)

$$G_ж = 2,15 \cdot 150000 = 322500 \text{ кг/ч}.$$

8. Определяем $\Delta P_ж$ по номограмме рис.3.I приложения I. При $G_ж = 322500$ кг/ч $\Delta P_ж = 108$ кПа.

ПРИМЕР 2

Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике П (раздел 4.I) в системе МКГСС.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-63, камера орошения ОКСI-3, исполнение 2, $L = 75000$ м^3/ч, $G_в = 90000$кг/ч, $t_{в.н} = 28,5^oC$, $i_{в.н} = 12,9$ ккал/ч, $t_{в.к} = 12^oC$, $i_{в.к} = 7,9$ ккал/кг, $P_Б = 760$ мм рт.ст.

Требуется определить μ, $G_ж$, $t_{ж.н}$, $t_{ж.к}$, $\Delta P_ж$

Порядок расчета.

I. На $i-d$ - диаграмме через точки с координатами заданных начальных и конечных параметров воздуха проводим луч процесса с кривой $\varphi = 100\%$, определяем координаты точки пересечения $i_в^{пр}$, $t_в^{пр}$ $i_в^{пр} = 7,64$ ккал/кг; $t_в^{пр} = 11,15^oC$.

2. По формуле (4.I) вычисляем E_A

$$E_A = \frac{7,9-12,9}{7,64-12,9} = 0,951.$$

3. Находим μ и $E_п$ по графикам рис. 2.7 приложения I $\mu = 2,34$; $E_п = 0,7$.

4. Вычисляем θ по формуле (2.I3)

$$\theta = 1,38 \cdot 1 \cdot 2,34 \cdot \left(\frac{1}{0,7} - \frac{1}{0,951}\right) = 1,21.$$

5. Вычисляем $t_{ж.н}$ по формуле (4.2)

$$t_{ж.н} = 11,15 + \frac{1,21}{1 \cdot 2,34}(7,9 - 12,9) = 8,56^oC.$$

6. Определяем $t_{ж.к}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к} = 8{,}52 - \frac{7{,}9 - 12{,}9}{1 \cdot 2{,}34} = 10{,}7^{\circ}C.$$

7. Находим $G_{ж}$ по формуле (4.4)

$$G_{ж} = 2{,}34 \cdot 90000 = 210600 \text{ кг/ч}.$$

8. Определяем $\Delta P_{ж}$ по номограмме рис.3.4 приложения I.

При $G_{ж} = 210600$ кг/ч $\Delta P_{ж} = 1{,}60$ кгс/см^2.

ПРИМЕР 3

Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II (разделы 4.I, 4.7) в системе МГКСС.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-40, камера орошения ОКФ-3, двухрядная, исполнение 2, $L = 40000$ м^3/ч, $G_{в} = 48000$ кг/ч, $t_{в.н} = 34^{\circ}C$, $i_{в.н} = 15{,}5$ ккал/кг, $t_{в.к} = 16{,}5^{\circ}C$, $i_{в.к} = 10{,}6$ ккал/кг, $P_{в} = 745$мм рт.ст.

Требуется определить $M, G_{ж}, t_{ж1}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$.

Порядок расчета

I. На $i-d$ - диаграмме через точки с координатами заданных начальных и конечных параметров воздуха проводим луч процесса с кривой $\varphi = 100\%$. Определяем координаты точки пересечения $i_{в}^{пр}, t_{в}^{пр}$

$i_{в}^{пр} = 10{,}3$ ккал/кг; $t_{в}^{пр} = 15{,}4^{\circ}C$.

2. По формуле (4.I) вычисляем E_A

$$E_A = \frac{10{,}6 - 15{,}5}{10{,}3 - 15{,}5} = 0{,}94.$$

3. Находим коэффициенты A_1, α_1, C по табл.2.2

$A_1 = 0{,}655$; $\alpha_1 = 2{,}02$; $C = 0{,}387$.

4. Определяем M по формуле (4.I8)*

$$M = \left[\frac{-\ln(I-0,94)-0,I5}{0,655}\right]^{\frac{I}{2,02}} = 2,0I.$$

5. Определяем $E_{П}$ по формулам (2.6), (2.7)*

$$\Phi = (I + \frac{0,725}{2,0I})\left\{I+0,387\left[-\ln(I-0,94)\right]^{-0,858}\right\} = I,577;$$

$$E_{П} = \frac{I-\exp[I,577\ \ln(I-0,94)]}{I,577} = 0,627.$$

6. Вычисляем θ по формуле (2.I3)

$$\theta = I,38 \cdot I \cdot 2,0I\ (\frac{I}{0,627} - \frac{I}{0,94}) = I,47.$$

7. Определяем $t_{ж.н}$ по формуле (4.2)

$$t_{ж.н} = I5,4 + \frac{I,47}{I.2,0I}\ (I0,6-I5,5) = II,8^{\circ}C.$$

8. Вычисляем $t_{ж.к}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к} = II,8 - \frac{I0,6-I5,5}{I \cdot 2,0I} = I4,3^{\circ}C.$$

9. Определяем $G_{ж}$ по формуле (4.4)

$$G_{ж} = 2,0I \cdot 48000 = 96500 \text{ кг/ч}.$$

I0. Находим $\Delta P_{ж}$ по номограмме рис. 3.I приложения I. При $G_{ж}$=96500 кг/ч $\Delta P_{ж} = I,05$ кг/см^2.

---

* См. п.4.7 раздела 4.

ПРИМЕР 4

Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике П (раздел 4.I) в системе МКГСС.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-I25, камера орошения ОКЦ-3, двухрядная, исполнение 2, L =I25000м^3/ч, $G_в$ =I50000 кг/ч, $t_{в.н}$=28,5°С; $i_{в.н}$=I2,9 ккал/кг, $t_{в.к}$ =I5°С, $i_{в.к}$=9,64 ккал/кг, $d_{в.н} = d_{в.к}$ =I0,0г/кг, $P_б$ =760 мм рт.ст.

Требуется определить M, $G_ж$, $t_{ж.н}$, $t_{ж.к}$, $\Delta P_ж$.

Порядок расчета

I. Находим параметры предельного состояния воздуха по i - d - диаграмме. Проводим луч процесса до пересечения с φ =I00%, определяем координаты точки пересечения

$$t_{пр} = I3,7°С; \quad i_{пр} = 9,33 \text{ ккал/кг}.$$

2. По формуле (4.I) вычисляем E_A

$$E_A = \frac{9,64-I2,9}{9,33-I2,9} = 0,9I3.$$

3. Находим M и $E_П$ по графикам рис.2.3 приложения I. При E_A = 0,9I3

$$M = I,96 \; ; \quad E_П = 0,6I.$$

4. Вычисляем значение θ по формуле (2.I3)

$$\theta = I,38 \cdot I \cdot I,96 \cdot \left(\frac{I}{0,6I} - \frac{I}{0,9I3}\right) = I,50,$$

где b = I,38(кг°С)/ккал принимаем по табл.2.I.

5. Вычисляем $t_{ж.н}$ по формуле (4.2)

$$t_{ж.н} = I3,7 + \frac{I,50}{I \cdot I,96}(9,64-I2,9) = II,2°С.$$

6. Определяем $t_{ж.к}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к} = II,2 - \frac{9,64-I2,9}{I \cdot I,96} = I2,9°С.$$

7. Находим $G_{ж}$ по формуле (4.4)

$$G_{ж} = 1{,}96 \cdot 150000 = 294000 \text{ кг/ч}.$$

8. Определяем $\Delta P_{ж}$ по номограмме рис. 3.1 приложения 1.

При $G_{ж} = 294000$ кг/ч $\Delta P_{ж} = 0{,}93$ кгс/см^2.

ПРИМЕР 5

Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике П (раздел 4.1) в системе МКГСС.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-80, камера орошения ОКФ-3, двухрядная, исполнение 2, $L = 80000$ м^3/ч, $G_{в} = 96000$ кг/ч, $t_{в.н} = t_{в.к} = 17^{\circ}$С, $i_{в.н} = 6{,}6$ ккал/кг, $i_{в.к} = 10{,}8$ ккал/кг, $P_{б} = 760$ мм рт.ст.

Требуется определить M, $G_{ж}$, $t_{ж.н}$, $t_{ж.к}$, $\Delta P_{ж}$.

Порядок расчета

1. Находим параметры предельного состояния по i-d - диаграмме в точке пересечения луча процесса обработки воздуха в камере с кривой $\varphi = 100\%$.

$$t_{пр} = 17^{\circ}\text{С}; \quad i_{пр} = 11{,}4 \text{ ккал/кг}.$$

2. Вычисляем $E_{А}$ по формуле (4.1)

$$E_{А} = \frac{10{,}8-6{,}6}{11{,}4-6{,}6} = 0{,}875.$$

3. Находим M и $E_{П}$ по графикам рис.2.3 приложения 1.

При $E_{А} = 0{,}875$ $M = 1{,}82$; $E_{П} = 0{,}57$.

4. Вычисляем значение θ по формуле (2.13)

$$\theta = 1{,}38 \cdot 1 \cdot 1{,}82 \left(\frac{1}{0{,}57} - \frac{1}{0{,}875}\right) = 1{,}50.$$

5. Вычисляем $t_{ж.н}$ по формуле (4.2)

$$t_{ж.н} = 17 + \frac{1{,}5}{1 \cdot 1{,}82}(10{,}8-6{,}6) = 20{,}5^{\circ}\text{С}.$$

6. Определяем $t_{ж.к}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к} = 20,5 - \frac{10,8-6,6}{1,50} = 18,2^{\circ}C.$$

7. Вычисляем расход воды $G_{ж}$ по формуле (4.4)

$$G_{ж} = 1,80 \cdot 96000 = 182000 \text{ кг/ч}.$$

8. Находим $\Delta P_{ж}$ по номограмме рис.3.1 приложения 1. При $G_{ж}$ =182000 кг/ч $\Delta P_{ж} = 0,46$ кгс/см^2.

ПРИМЕР 6

Политропный режим обработки воздуха. Обратная задача. Расчет по методике 1 (раздел 4.2) в системе МКГСС.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-20, камера орошения ОКФ-3, двухрядная, исполнение 1, L =20000 м^3/ч, $G_{в}$ = 24000 кг/ч, $t_{в.н}$ = 28,5°C, $i_{в.н}$=12,9ккал/кг, $Q_{х}$ = -120000 ккал/ч, $t_{ж.н}$ =8°C, $P_{Б}$ =745 мм рт.ст.

Требуется определить $M, G_{ж}, t_{в.к}, i_{в.к}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$.

Порядок расчета

1. Вычисляем Δi по формуле $\Delta i = \frac{Q_{х}}{G_{в}}$

$$\Delta i = \frac{-120000}{24000} = -5 \text{ ккал/кг}.$$

2. Определяем $i_{в.к}$ по формуле (2.3)

$$i_{в.к} = 12,9 + (-5) = 7,9 \text{ ккал/кг}.$$

3. На i-d - диаграмме находим i в.нас. При $t_{ж.н}$ =8°C i в.нас = 6 ккал/кг.

4. Вычисляем $E_{п}$ по формуле (2.1), где $\Delta\bar{i}_{0}$ определяем по формуле (2.5)

$$E_{п} = \frac{-5}{(6,0-12,9)\ [1+0,003(6,0-12,9)+(-0,0147)(6,0-12,9)]} = 0,673.$$

Здесь α = 0,003 кг/ккал, β = -0,0147 кг/ккал, i_c =12,9 ккал/кг находим по табл. 2.1.

5. Определяем M и E_A по графикам рис.2.3 приложения I при $E_П$=0,673.

На оси ординат рис. 2.3 откладывается значение $E_П$= 0,673 и проводится прямая, параллельная оси абсцисс, до пересечения с кривой $E_П(M)$, соответствующей принятому типоразмеру и исполнению камеры.

Абсцисса точки пересечения определяет значение M = 2,31. Из точки пересечения на кривой $E_П(M)$ проводится вертикальная линия до пересечения с кривой $E_A(M)$, также соответствующей выбранной камере. Ордината точки пересечения определяет значение E_A = 0,97.

6. Вычисляем $t_{ж.к}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к} = 8 - \frac{-5}{1 \cdot 2{,}31} = 10{,}16^{\circ}C.$$

7. Определяем $t_{в.к}$ по формуле (4.7)

$$t_{в.к} = 28{,}5+0{,}97\cdot(8-28{,}5)+1{,}38\left(1-\frac{0{,}97}{0{,}673}\right)\cdot(7{,}9-12{,}9) = 11{,}66^{\circ}C,$$

где β = 1,38 (кг°С)/ккал находим по табл. 2.1.

8. Вычисляем $G_ж$ по формуле (4.4)

$$G_ж = 2{,}31 \cdot 24000 = 55440 \text{ кг/ч}.$$

9. Находим $\Delta P_ж$ по номограмме рис. 3.1 приложения I. При $G_ж$ = 55440 кг/ч $\Delta P_ж$ = 2,10 кгс/см^2.

ПРИМЕР 7

Политропный режим обработки воздуха. Обратная задача. Расчет по методике I (разделы 4.2, 4.7) в системе МКГСС.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-40, камера орошения ОКСI-3, исполнение 2, L = 48330 м^3/ч, $G_в$ = 58000 кг/ч, $t_{в.н}$ = 32°С, $i_{в.н}$=I6,3ккал/кг, $t_{ж.н}$ = I2°С, $G_ж$ = I45000 кг/ч, $P_Б$ =745 мм вод.ст.

Требуется определить μ, $t_{в.к}$, $i_{в.к}$, $t_{ж.к}$, $\Delta\rho_{ж}$.

Порядок расчета

I. Определяем μ по формуле (4.5)

$$\mu = \frac{I45000}{58000} = 2,5.$$

2. Находим A_1 , α_1 , C по табл. 2.2

$$A_1 = 0,426; \quad \alpha_1 = 2,29; \quad C=0,I77.$$

3. Определяем E_A по формуле (2.8)*

$$E_A = I - exp(-0,I5-0,426 \cdot 2,5^{2,29}) = 0,973.$$

4. Определяем $E_П$ по формулам (2.7), (2.6) *

$$\Phi = (I+\frac{0,725}{2,5})\left\{I+0,I77\left[-ln\,(I-0,973)\right]^{-0,858}\right\}=I,36;$$

$$E_П = \frac{I - exp\left[I,36\ ln\,(I-0,973)\right]}{I,36} = 0,73.$$

5. На i-d - диаграмме находим $i_{в.нас}$. При $t_{ж.н}$ = I2°С $i_{в.нас}$ = 8,25 ккал/кг.

---

* См. п.4.7 раздела 4.

6. Вычисляем $i_{в.к}$ по формуле (4.6)

$$i_{в.к} = 16,3+0,73(8,25-16,3)\cdot [1+0,003(8,25-16,3)+$$
$$+(-0,0147)(8,25-12,9)] = 10,16 \text{ ккал/кг},$$

где α =0,003 кг/ккал, β =-0,0147 кг/ккал, i_c =12,9 ккал/кг находим по табл. 2.1.

7. Определяем $t_{в.к}$ по формуле (4.7)

$$t_{в.к} = 32 + 0,973\ (12-32)+1,38(1-\frac{0,973}{0,73})(10,16 -$$
$$-16,3) = 15,4^{\circ}C,$$

где b = 1,38(кг.°С)/ккал находим по табл. 2.1.

8. Вычисляем $t_{ж.к}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к} = 12 - \frac{10,16-16,3}{1 \cdot 2,5} = 14,5^{\circ}C.$$

9. Определяем $\Delta P_ж$ по номограмме рис. 3.4 приложения 1. При $G_ж$ = 145000 кг/ч $\Delta P_ж$ =2,1 кгс/см^2.

ПРИМЕР 8

Адиабатный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике 1 (раздел 4.3) в СН.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-31,5; блок тепломассообмена БТМ2.1-3, L =27000 м^3/ч, $G_в$=32400 кг/ч, $t_{в.н}$ = 23,7°С, $t_{в.к}$ = 8,5°С, $t_{м.н} = t_{м.к}$ = 7,7°С.

Требуется определить M, $G_ж$, $\Delta P_ж$.

Порядок расчета

1. Вычисляем E_A по формуле (4.8)

$$E_A = 1 - \frac{8,5 - 7,7}{23,7 - 7,7} = 0,95.$$

2. Находим μ по графику на рис. 2.6 приложения I для блока тепломассообмена БТМ2.I-3 кондиционера КТЦЗ-3I,5. При E = 0,95 μ = I,56.

3. Определяем $G_{ж}$ по формуле (4.4)

$$G_{ж} = I,56 \cdot 32400 = 50540 \text{ кг/ч}.$$

4. Находим $\Delta P_{ж}$ по номограмме на рис. 3.5 приложения I. При $G_{ж}$ = 50540 кг/ч $\Delta P_{ж}$ = 240 кПа.

ПРИМЕР 9

Адиабатный режим обработки воздуха с переменным расходом разбрызгиваемой воды. Прямая задача. Расчет по методике I (раздел 4.3) в системе МКГСС.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-3I,5; камера орошения ОКФ-3, двухрядная исполнения I, L = 3I500 м^3/ч; $G_{в}$ = 37800 кг/ч; $t_{в.н}$ = 23,7°С; $t_{в.к.1}$ = I2°С; $t_{в.к.2}$ = I5°С; $t_{в.к.3}$ =I9°С соответственно при $\Delta t_{п1} = t_{п1} - t_{в.к.1}$ = 7°С, $\Delta t_{п2}$=4°С; $\Delta t_{п.3}$=0°С; $t_{м.н} = t_{м.к}$ = 7,7°С*; $P_{Б}$ = 745 мм вод.ст.

Требуется определить: $\mu_1, G_{ж1}, \Delta P_{ж1}$ при $t_{в.к.1}$ = I2°С;
$\mu_2, G_{ж.2}, \Delta P_{ж2}$ при $t_{в.к.2}$ = I5°С;
$\mu_3, G_{ж.3}, \Delta P_{ж3}$ при $t_{в.к.3}$ = I9°С;

Порядок расчета

I. Вычисляем E_{A} по формуле (4.8)

при $t_{в.к.1}$ = I2°С $E_{A1} = I - \frac{I2-7,7}{23,7-7,7} = 0,73;$

---

* Изменение заданного значения $t_{в.к}$ в интервале от I2 до I9°С обеспечивается изменением расхода воды при постоянной $t_{м.н}$ = 7,7°С (управляемый процесс изоэнтальпийного охлаждения и увлажнения).

при $t_{в.к.2}$ = I5°C $E_{A2} = I - \frac{I5 - 7,7}{23,7-7,7} = 0,545;$

при $t_{в.к.3}$ = I9°C $E_{A3} = I - \frac{I9 - 7,7}{23,7 - 7,7} = 0,294.$

2. Находим $\mathcal{M}$ для двухрядной камеры ОКФ-3 исполнения I кондиционера КТЦ3-3I,5 по графику на рис. 2.3 приложения I:

при E_{AI} = 0,73 $\mathcal{M}_1 = I,26;$

при E_{A2} = 0,545 $\mathcal{M}_2 = 0,96;$

при E_{A3} = 0,294 $\mathcal{M}_3 = 0,54.$

Так как $\mathcal{M}_3 < 0,7$ (см.п.2.4), определяем $\mathcal{M}_{мин}$ по формуле (2.I4)

$$\mathcal{M}_{мин} = \frac{460 \cdot 63}{37800} = 0,76,$$

где $q_{ф.мин}$ = 460 кг/ч принимаем по п.2.4, n = 63 шт. принимаем для двухрядной камеры орошения ОКФ-3 исполнения I кондиционера КТЦ3-3I,5 по табл.2.4.

Проведенный расчет показывает, что при уменьшении величины коэффициента орошения менее 0,76 принятая камера будет работать неустойчиво.

Для обеспечения нормальной работы камеры во всех режимах целесообразно уменьшить количество подключенных форсунок.

Принимаем к установке однорядную противоточную камеру ОКФ-3 исполнения I*.

3. Находим $\mathcal{M}$ по графику на рис. 2.5 приложения I для однорядной противоточной камеры ОКФ-3 исполнения I кондиционера КТЦ3-3I,5 ;

при E_{A1} = 0,73 $\mathcal{M}_1 = 0,84$;

* К первому по ходу воздуха ряду стояков вода не подается.

при E_{A2} = 0,545 μ_2 = 0,6I ;
при E_{A3} = 0,294 μ_3 = 0,325.

Определяем $\mu_{мин}$ для принятой камеры по формуле (2.I4)

$$\mu_{мин} = \frac{460 \cdot 27}{37800} = 0,32,$$

где n = 27 шт. принимаем для однорядной противоточной камеры ОКФ-3 исполнения I кондиционера КТЦЗ-3I,5 по табл. 2.4.

Так как $\mu_3 \geq \mu_{мин}$ принятая камера орошения будет работать устойчиво во всех заданных режимах.

4. Определяем $G_{ж}$ по формуле (4.4)

$G_{ж.1}$ = 0,84 · 37800 = 3I750 кг/ч;
$G_{ж.2}$ = 0,6I · 37800 = 22700 кг/ч;
$G_{ж.3}$ = 0,32 · 37800 = I2I00 кг/ч.

5. Находим $\Delta P_{ж}$ для однорядной противоточной камеры ОКФ-3 исполнения I кондиционера КТЦЗ-3I,5 по номограмме на рис. 3.3 приложения I:

при $G_{ж.1}$ = 3I750 кг/ч $\Delta P_{ж1}$ = I,53 кгс/см^2;
при $G_{ж.2}$ = 22700 кг/ч $\Delta P_{ж2}$ = 0,68 кгс/см^2;
при $G_{ж.3}$ = I2I00 кг/ч $\Delta P_{ж3}$ = 0,I6 кгс/см^2.

ПРИМЕР I0

Адиабатный режим обработки воздуха. Обратная задача. Расчет по методике I (раздел 4.4) в системе МКГСС.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-40, камера орошения ОКФ-3 двухрядная, исполнения I, L = 40000 м^3/ч, $G_в$ = 48000 кг/ч, $t_{в.н}$ = 22,3°С, $t_{м.н} = t_{м.к}$ = I7,5°С, $G_ж$ = 65000 кг/ч.

Требуется определить $t_{в.к}$, $\Delta P_ж$.

Порядок расчета

I. Определяем M по формуле (4.5)

$$M = \frac{65000}{48000} = 1{,}354.$$

2. Находим E_A по графику на рис. 2.3 приложения I для камеры орошения ОКФ-3 двухрядной исполнения I кондиционера КТЦ3-40

при $M = 1{,}354$ $E_A = 0{,}79$.

3. Определяем $t_{в.к}$ по формуле (4.9)

$$t_{в.к} = (1-0{,}79)(22{,}3-17{,}5)+17{,}5 = 18{,}5^{\circ}C.$$

4. Находим $\Delta P_ж$ по номограмме рис. 3.I приложения I. При $G_ж = 65000$ кг/ч $\Delta P_ж = 0{,}52$ кгс/см^2.

ПРИМЕР II

Политропный режим обработки холодного воздуха теплой водой (испарительный нагрев). Прямая задача. Расчет по методике II (разделы 4.5, 4.7) в системе МКГСС.

Исходные данные. Кондиционер КТЦ3-40, камера орошения ОКС2-3 (исполнение 2), $L = 40000$ м^3/ч; $G_в = 48000$кг/ч; $G_ж = 120000$кг/ч; $t_{в.н} = -20^{\circ}C$; $t_{в.н} = -4{,}7$ккал/кг; $d_{в.н} = 0{,}085$ г/кг; $d_{в.к} = 7{,}2$ г/кг; $t_{б.н} = 60^{\circ}C$; $P_б = 745$ мм рт.ст.

Требуется определить M, $i_{в.к}$, $t_{ж.н}$, $t_{ж.к}$, $t_{в.к}$, $t_{б.к}$, $G_б$, $\Delta P_ж$.

Порядок расчета

I. Определим M по формуле (4.5)

$$M = \frac{120000}{48000} = 2{,}5.$$

2. Находим коэффициенты A_1 , α_1 , C по табл.2.2 для камеры ОКС2-3 исполнения 2 кондиционера КТЦ3-40

$A_1 = 0,329;$ $\alpha_1 = 2,19;$ $C = 0,177.$

3. Вычисляем E_A и $E_П$ по формулам (2.6)-(2.8)

$$E_A = 1 - exp\ (-0,15 - 0,329 \cdot 2,5^{2,19}) = 0,926;$$

$$\Phi = \left(1+\frac{0,725}{2,5}\right)\left\{1+0,177\left[-ln\,(1-0,926)\right]^{-0,858}\right\} = 1,39;$$

$$E_П = \frac{1 - exp\ [1,39\ ln\ (1-0,926)]}{1,39} = 0,70.$$

4. Определяем θ по формуле (2.13)

$$\theta = 1,38 \cdot 1 \cdot 2,5\left(\frac{1}{0,70} - \frac{1}{0,926}\right) = 1,2.$$

5. Находим $d_в^{пр}$ по формуле (4.10)

$$d_в^{пр} = 0,085 + \frac{7,2 - 0,085}{0,926} = 7,77\ г/кг.$$

6. Определяем по $i-d$ - диаграмме $i_в^{пр}$ и $t_в^{пр}$ в точке пересечения линий $d_в^{пр} = const$ и кривой $\varphi = 100\%$

$i_в^{пр} = 7,3$ ккал/кг; $t_в^{пр} = 10,3^{\circ}C.$

7. Вычисляем $i_{в.к}$ и $t_{в.к}$ по формулам(4.11), (4.12)

$$i_{в.к} = -4,7 + 0,926\left[7,3-(-4,7)\right] = 6,41\ ккал/кг,$$

$$t_{в.к} = -20 + 0,926\left[10,3-(-20)\right] = 8,06^{\circ}C.$$

8. Определяем $t_{ж.н}$ по формуле (4.2)

$$t_{ж.н} = 10,3 + \frac{1,2\ [6,26-(-4,7)]}{1 \cdot 2,5} = 15,6^{\circ}C.$$

9. Вычисляем $t_{ж.к}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к} = 15{,}6 - \frac{[6{,}26-(-4{,}7)]}{1 \cdot 2{,}5} = 11{,}2^{o}C.$$

10. Определяем q по формуле (4.13)

$$q = \frac{[6{,}41 - (-4{,}7)]}{1 \cdot (60-11{,}2)} \cdot 48000 \cdot 10^{-3} = 10{,}93 \text{ т/ч}.$$

11. Находим $G_б$ по графику на рис. 4.1 приложения I.
При q = 10,93 т/ч $G_б$ = 56000 кг/ч.

12. Определяем $t_{б.к}$ по формуле (4.15)

$$t_{б.к} = 60 - \frac{6{,}41-(-4{,}75)}{1 \cdot 56000} = 50{,}5^{o}C.$$

13. Находим $\Delta P_ж$ оросительной системы камеры орошения ОКС2-3 исполнения 2 кондиционера КТЦЗ-40 по номограмме на рис. 3.4 приложения I.
При $G_{ж}$ = 120000 кг/ч $\Delta P_ж$ = 1,3 кгс/см^2.

14. Находим $\Delta P_б$ водонагревателя камеры орошения ОКС2-3 кондиционера КТЦЗ-40 по номограмме рис.4.2 приложения I.
При $G_б$ =56000 кг/ч $\Delta P_б$ = 1,45 кгс/см^2.

ПРИМЕР 12

Политропный режим обработки холодного воздуха теплой водой (испарительный нагрев). Обратная задача. Расчет по методике II (раздел 4.6) в СИ.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-63, камера орошения ОКС1-3, исполнение 2, $G_в$ = 73600 кг/ч, $G_{ж}$ = 113400 кг/ч, $t_{в.н}$ = -15°C, $i_{в.н}$=-12,56кДж/кг, $t_{ж.н}$=20°C, $P_Б$ = 99,2 кПа.

Требуется определить $i_{в.к}, t_{в.к}, t_{ж.к}, \mu, \Delta P_ж$.

Порядок расчета

1. Определяем μ по формуле (4.5) $\mu = \frac{113400}{75600} = 1{,}5$.

2. Находим E_A и $E_П$ по графикам на рис. 2.7 приложения I для камеры ОКСI-3 исполнения 2 кондиционера КТЦЗ-63:

при μ =I,5 E_A = 0,7I5, $E_П$ = 0,52.

3. Вычисляем температурный критерий θ по формуле (2.I3)

$$\theta = 0{,}33 \cdot 4{,}I87 \cdot I{,}5\left(\frac{I}{0{,}52} - \frac{I}{0{,}7I5}\right) = I{,}087,$$

где b=0,33 (кг·°С)/кДж принимаем по табл. 2.I,

$C_ж$= 4,I87 кДж/(кг.°С).

4. Вычисляем t_{BI} и t_{B2} по формуле (4.I6), принимая i_{BI} = 20,94 кДж/кг и i_{B2} = 29,32 кДж/кг

$$t_{BI} = 20 - \frac{0{,}7I5 \cdot I{,}087}{4{,}I87 \cdot I{,}5}\left[20{,}94 - (-I2{,}56)\right] = I5{,}86^{\circ}C,$$

$$t_{B2} = 20 - \frac{0{,}7I5 \cdot I{,}087}{4{,}I87 \cdot I{,}5}\left[29{,}32-(-I2{,}56)\right] = I4{,}82^{\circ}C.$$

5. Находим параметры предельного состояния воздуха ($i_B^{пр}$, $t_B^{пр}$).

На i-d - диаграмме через точки с координатами (t_{BI}, i_{BI}) и (t_{B2}, i_{B2}) проводим прямую до пересечения с кривой φ= I00%. Координаты точки пересечения соответствуют параметрам предельного состояния воздуха ($i_B^{пр}$, $t_B^{пр}$)

$i_B^{пр}$ = 38,6 кДж/кг, $t_B^{пр}$= I3,6°С.

6. Вычисляем $i_{в.к}$ по формуле (4.II)

$i_{в.к}$ =-I2,56+0,7I5 [38,6-(-I2,56)] =24кДж/кг.

7. Определяем $t_{в.к}$ по формуле (4.I2)

$$t_{в.к} = -I5+0,7I5\left[I3,6-(-I5)\right] = 5,4^{o}C.$$

8. Находим $t_{ж.к}$ по формуле (4.I7)

$$t_{ж.к} = 20+\frac{I3,6-20}{I,087} = I4,I^{o}C.$$

9. Находим $\Delta P_{ж}$ оросительной системы камеры орошения ОКСI-3 исполнения 2 кондиционера КТЦЗ-63 по графику рис. 3.4 приложения I.

При $G_{ж}$ = II3400 кг/ч $\Delta P_{ж}$ = 43 кПа.

ПРИМЕР I3

Охлаждение воды в камере орошения.(Политропный режим обработки воздуха). Обратная задача. Расчет по методике I (раздел 4.2) в СИ.

Исходные данные $t_{в.н}$ = 22,3°С, $i_{в.н}$=49,4кДж/кг, $t_{ж.н}$ = 28°С, $t_{ж.к}$= 24,9°С, $G_{ж}$=95000 кг/ч, $P_{Б}$=99,9 кПа.

Требуется определить μ, $L_{в}$, типоразмер камеры орошения.

Порядок расчета

I. Определяем расход воздуха $G_{в}$, обрабатываемого в камере орошения для охлаждения воды, задаваясь μ =2 по формуле (4.5)

$$G_{в} = \frac{95000}{2} = 47500 \text{ кг/ч}.$$

2. Определяем типоразмер камеры орошения по расходу воздуха. При $G_{в}$ = 47500 кг/ч L =40000 м³/ч.

Выбираем двухрядную камеру орошения ОКЗ исполнения 2 кондиционера КТЦЗ-40.

3. Находим $E_{П}$ по графику рис.2.3 приложения I, соответствующему выбранной камере орошения.

При μ =2 $E_{П}$=0,625.

4. На $i-d$ - диаграмме находим $i_{в.нас}$ по заданной $t_{ж.н}$ = 28°С $i_{в.нас}$ = 89,6 кДж/кг.

5. Вычисляем $\Delta\bar{i}_{0}$ по формуле (2.5)

$$\Delta\bar{i}_{0}= (89,6-49,4)\ [I+0,000716(89,6-49,4)+(-0,0035I)\times (89,6-54,0)] = 36,4 \text{ кДж/кг},$$

где коэффициенты α=0,000716 кг/кДж, β=-0,0035кг/кДж, i_{c} =54 кДж/кг принимаем по табл. 2.I.

6. Определяем $t_{ж.к1}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к1} = 28 - \frac{0,625\cdot 36,4}{4,187\cdot 2} = 25,3^{\circ}С,$$

где $i_{в.к} - i_{в.н} = \Delta i$ находим по формуле (2.I).

При необходимости вычисляем $t_{в.к1}$ и $i_{в.к1}$ по формулам (4.6), (4,7); $t_{ж.к1}$= 25,3°С выше заданной $t_{ж.к}$ = 24,9°С. В этом случае для охлаждения воды до $t_{ж.к}$ = 24,9°С потребуется двухступенчатое охлаждение воды.

7. Выполняем расчет по п.4,5 примера, принимая для камеры орошения второй ступени охлаждения

$t_{ж.н2} = t_{ж.к1}$ = 25,3°С, $i_{в.нас}$= 77,5 кДж/кг,

$$\Delta\bar{i}_{0}=(77,5-49,4)\ [I+0,000716(77,5-49,4)+(-0,0035I)\times (77,5-54)] = 26,3 \text{ кДж/кг}.$$

8. Определяем расход воздуха, используемого для охлаждения воды в камере орошения второй ступени охлаждения, по формуле

$$G_{в2} = \frac{(t_{ж.н} - t_{ж.к})\, c_ж G_ж}{E_п \Delta i_0} =$$

$$= \frac{(25,3-24,9) \cdot 4,187 \cdot 95000}{0,62 \cdot 26,3} = 12200 \text{ кг/ч},$$

где $E_п = 0,62$ принимаем ориентировочно равным $E_п$ камеры орошения первой ступени охлаждения.

9. Определяем типоразмер камеры орошения второй ступени. При $G_{в2} = 12200$ кг/ч, $L_{в2} = 10170$ м^3/ч выбираем двухрядную камеру орошения ОКЗ3 исполнения 2 кондиционера КТЦЗ-10.

10. Находим $E_п$ по графику на рис. 2.3 приложения 1, задаваясь $\mu = 2,4$

$$E_п = 0,63.$$

11. Уточняем расход воздуха, необходимого для охлаждения воды в камере орошения второй ступени охлаждения

$$G_{в2} = \frac{(25,3-24,8) \cdot 4,187 \cdot 95000}{0,63 \cdot 26,3} = 12000 \text{ кг/ч}.$$

12. Определяем расход воды $G_{ж2}$, охлаждаемой в камере орошения второй ступени, по формуле (4.4)

$$G_{ж2} = 2,4 \cdot 12000 = 28800 \text{ кг/ч}.$$

13. Вычисляем $t_{ж.к2}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к2} = 25,3 - \frac{0,63 \cdot 26,3}{4,187 \cdot 2,4} = 23,65^{\circ}\text{C}.$$

I4. Определяем $t_{ж.к}$ после смешения воды, охлажденной в камерах орошения первой и второй ступени, по формуле

$$t_{ж.к} = \frac{t_{ж.к1}\ G_{ж1} + t_{ж.к2} \cdot G_{ж2}}{G_{ж1} + G_{ж2}} =$$

$$= \frac{25{,}3 \cdot 95000 + 23{,}65 \cdot 28800}{95000 + 28800} = 24{,}9^{\circ}C.$$

Полученное значение $t_{ж.к}$ равно заданной $t_{ж.к}$=24,9°С.

I5. Находим $\Delta P_{ж}$ по номограмме рис. 3.I приложения I:

для камеры орошения первой ступени охлаждения при $G_{ж}$ = 95000 кг/ч $\Delta P_{ж1}$ = 97 кПа;

для камеры орошения второй ступени охлаждения при $G_{ж2}$ = 28800 кг/ч $\Delta P_{ж2}$ = I68 кПа.

ПРИМЕР I4

Охлаждение воды в камере орошения. (Политропный режим обработки воздуха). Обратная задача. Расчет по методике I (раздел 4.2) в СИ.

Исходные данные. Кондиционер КТЦ3-20, двухрядная камера орошения ОКФ-3 исполнения I, L=20000 м^3/ч, $G_{в}$= 24000 кг/ч, $G_{ж}$ = 24000 кг/ч, $t_{в.н}$ = 28,5°С, $i_{в.н}$ = 54,0 кДж/кг, $t_{в.м.н}$ = I8,8°С, $t_{ж.н}$ = 28°С.

Требуется определить $t_{ж.к}$, $i_{в.к}$, $t_{в.к}$, $\Delta P_{ж}$.

Порядок расчета

I. Определяем μ по формуле (4.5)

$$\mu = \frac{24000}{24000} = I.$$

2. Находим коэффициенты A_1, α_1, С по табл.2.2

A_I=0,6II; α_1=I,96; С=0,387.

3. Определяем E_A и $E_П$ по формулам (2.6)-(2.8)*

$$E_A = 1 - \exp\left[-0{,}15 - 0{,}611(1)^{1{,}96}\right] = 0{,}533;$$

$$\Phi = \left(1 + \frac{0{,}725}{1}\right)\left\{1 + 0{,}387\left[-\ln(1-0{,}533)\right]^{-0{,}858}\right\} = 2{,}57;$$

$$E_П = \frac{1 - \exp\left[2{,}57 \ln(1-0{,}533)\right]}{2{,}57} = 0{,}334.$$

4. По $i - d$ - диаграмме находим $i_{в.нас}$, соответствующую $t_{ж.н} = 28^{\circ}C$

$$i_{в.нас} = 89{,}7 \text{ кДж/кг}.$$

5. Вычисляем $i_{в.к}$ по формуле (4.6)

$$i_{в.к} = 54{,}0 + 0{,}334\,(89{,}7 - 54{,}0)\left[1 + 0{,}000716(89{,}7 - 54{,}0) + (-0{,}00351)(89{,}7 - 54{,}0)\right] = 64{,}7 \text{ кДж/кг},$$

где корректирующие коэффициенты $\alpha = 0{,}000716$ кг/кДж, $\beta = -0{,}00351$ кг/кДж, $i_c = 54$ кДж/кг принимаем по табл.2.1.

6. Определяем $t_{в.к}$ по формуле (4.7)

$$t_{в.к} = 28{,}5 + 0{,}533(28 - 28{,}5) + 0{,}33\left(1 - \frac{0{,}533}{0{,}334}\right)(64{,}7 - 54{,}0) = 26{,}1^{\circ}C,$$

где корректирующий коэффициент $\delta = 0{,}33$ (кг, °С)/кДж принимаем по табл. 2.1.

7. Вычисляем $t_{ж.к}$ по формуле (4.3)

$$t_{ж.к} = 28 - \frac{64{,}7 - 54{,}0}{4{,}187 \cdot 1} = 25{,}45^{\circ}C.$$

8. Находим $\Delta P_ж$ по рис.3.1 приложения 1 для двухрядной камеры орошения ОКФ3 исполнения 2 кондиционера КТЦ3-40. При $G_ж = 24000$ кг/ч $\Delta P_ж = 37$ кПа.

---

* См. п.4.7 раздела 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

I. Баркалов Б.В. Расчет процессов тепломассообмена в камерах орошения. Техническая информация.М.: Промстройпроект 1960.

2. Бялый Б.И. Тепломассообмен в контактных аппаратах установок кондиционирования воздуха и тепломассоперенос в энергетических установках с двухфазными потоками. М., 1978, вып.2, с.84.

3. Бялый Б.И. О взаимосвязи коэффициентов эффективности адиабатического и политропического процессов тепловлажностной обработки воздуха. Процессы теплообмена в сжиженных и отвердевших газах. Киев:"Наукова думка", 1980, с.121.

4. Бялый Б.И., Степанов А.В. Представление теплотехнических характеристик камер орошения. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Труды РПИ.- Рига, 1978, вып. 10, с.24.

5. Бялый Б.И., Степанов А.В. Методика расчета и выбора камер орошения центральных кондиционеров КТЦ3. Кондиционеростроение.-Харьков:"Труды ВНИИкондиционера", 1987, вып.16, с.4.

6. Динцин В.А. Исследование теплообмена и оптимизация конструкций камер орошения кондиционеров воздуха. Автореферат на соискание ученой степени канд.техн.наук. Л.: ЛВВИСКУ, 1974.

7. Степанов А.В. Исследование процессов регулирования тепловлажностной обработки воздуха в камерах орошения кондиционеров. Автореферат на соискание ученой степени канд.техн.наук. Л.: ЛИТМП, 1975.

8. Юхно И.Ф., Соин И.В. Интенсификация тепловлажностной обработки воздуха в перекрестно-точной камере орошения. Кондиционеростроение. - Харьков: "Труды ВНИИкондиционера", 1980, вып.9, с.3.

9. Юхно И.Ф., Соин И.В., Дрокин А.В. Расширение области применения камер орошения ОКС кондиционеров КТЦЗ при испарительном нагреве воздуха в зимний период. Кондиционеростроение.-Харьков:"Труды ВНИИкондиционера," вып.16, 1987.

10. Руководящий материал по центральным кондиционерам и кондиционерам-теплоутилизаторам КТЦЗ. Часть I. Харьков, 1988.

Подп.к печ.3.07.89г. 60х84 1/8 Офсетная печать Зак.1127
8,36 усл.-печ.л. 6,7 уч.изд.л. 6,7 кр.отт. Тираж 7500
Без права размножения Цена 6-80

САНТЕХНИИПРОЕКТ,105203,Москва,Нижняя Первомайская,46
ПЭМ ЗНИИНТПИ, 121471,Москва, Можайское шоссе,25

Замеченные опечатки

к АЗ-977 "Методика расчета камер орошения"

Стр	Строка	Напечатано	Должно быть
3	I9,23 сверху	$-5^{\circ}C$	$2^{\circ}C$
I9	3 сверху схемы	$t_{ж.к}$ $t_{ж\,н}$	$t_{ж..}$ $t_{т.в.н}$
23	I0 сверху	рис.2.2	рис.2.I, 2.2
24	Адиабатный	$-5^{\circ}C \leq t_{т.в.н} \leq 30^{\circ}C$	$2^{\circ}C \leq t_{т.в.н} \leq 30^{\circ}C$
28	3,I8 сверху	$-5^{\circ}C$	$2^{\circ}C$
38	I,2,3,4 снизу	исп.2	исп.I,2
40	Подрисуночную надпись дополнить словами	пробел	и для однорядной противоточной камеры орошения ОКФ-3 исполнения 2
54	2 сверху	I,50	I.I,82
54	6 сверху	0,46	0,56
54	4 сверху	I,80.96000=I82000	I,82.96000=I74700
54	6 сверху	I82000	I74700
60	I3,I9 сверху	22700	23060
63	6 снизу	73600	75600
63	8 сверху	6,4I-(4,75)	[6,4I-(-4,7)] 48000
65	I4 сверху	$24,9^{\circ}C$	$24,8^{\circ}C$
67	5 сверху	$24,9^{\circ}C$	$24,8^{\circ}C$
67	3 снизу	28000	28800
68	3 сверху	$\frac{t_{ж.к1} \cdot G_{ж1} + t_{ж.к2} \cdot G_{ж2}}{G_{ж1} + G_{ж2}}$	$\frac{t_{ж.к1}(G_{ж1} - G_{ж2}) + t_{ж.к2} \cdot G_{ж2}}{G_{ж1}}$
68	4 сверху	$\frac{25,3 \cdot 95000 + 23,65 \cdot 28800}{95000 + 28800}$	[25,3(95000-28800)+ +23,65·28800]/95000= =24,8°C
68	5 сверху	$24,9^{\circ}C$	$24,8^{\circ}C$

ГПКНИИ СантехНИИпроект
зак.270 тир.7500

gost.e-ecolog.ru